

Volume 2 Nomor 1 Tahun 2018
April 2018

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

Journal of Environmental Sustainability Management

Jurnal ini dikelola oleh :
Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) Indonesia
Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan
Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4
Kampus IPB Darmaga Bogor 16680
Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134
Email : jplb@bkpsl.org

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN (JPLB)/ *Journal of Environmental Sustainability Management (JESM)*

Penanggung Jawab

Ketua Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) Indonesia

Dewan Editor

Lingkungan Geofisik dan Kimia

Prof. Tjandra Setiadi, Ph.D (ITB)

Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc (UGM)

Lingkungan Sosial dan Humaniora

Prof.Dr.Ir. Emmy Sri Mahreda, M.P (ULM)

Andreas Pramudianto, S.H., M.Si (UI)

Lingkungan Biologi (Biodiversity)

Prof.Dr. Okid Parama Astirin, M.S (UNS)

Dr. Suwondo, M.Si (Unri)

Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan

Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si (UI)

Dr. Indang Dewata, M.Sc (UNP)

Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Dr. Ir. Agus Slamet, DiplSE, M.Sc (ITS)

Dr. Ir. Sri Utami, M.T (UB)

Ketua Editor Pelaksana

Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil (IPB)

Asisten Editor

Dr. Melati Ferianita Fachrul, M.Si (Usakti)

Sri Muslimah, S.Si (IPB)

Sekretariat

Dra. Nastiti Karlansyah, M.Si (UI)

Alamat Redaksi

Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-LPPM) IPB

Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb>

Email : jplb@bkpsl.org

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) Indonesia bekerjasama dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup – Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor (PPLH-LPPM, IPB) mengelola bersama penerbitan JPLB sejak tahun 2017, dengan periode terbit tiga nomor per tahun. Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB) menyajikan artikel ilmiah mengenai pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dari segala aspek. Setiap naskah yang dikirimkan ke Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan ditelaah oleh mitra bestari.

Mereduksi amonia kotoran ternak unggas dengan menggunakan kapur dan tanaman kedelai

Abustan^{1*}, A. Pudjirahaju²

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Palangka Raya, Indonesia

²Program Studi Ilmu Peternakan, Universitas Palangka Raya, Indonesia

Abstrak.

Penelitian ini dilakukan untuk membantu masyarakat peternak di Kalimantan Tengah dalam mengatasi permasalahan tentang pencemaran udara yang sering dikeluhkan oleh warga masyarakat yang terdampak akibat adanya aktivitas peternakan di sekitar pemukiman karena munculnya bau berupa amonia yang ditimbulkan dari kotoran ternak serta banyak lalat yang beterbangan. Upaya mengatasi hal ini dilakukan dengan memanfaatkan kapur beserta tumbuhan kedelai untuk mengatasi pencemaran udara. Metode untuk mengetahui seberapa besar intensitas bau amonia dari setiap kandang ternak baik yang diberi perlakuan maupun yang tidak diberi perlakuan kesemuanya diukur dengan menggunakan alat detektor amonia model AR8500. Hasil penelitian menemukan bahwa pemberian kapur dan penanaman kedelai adalah suatu perlakuan yang paling tepat karena mampu menurunkan intensitas bau amonia hingga 64,07%, dari 1,67 ppm (kandang kontrol tanpa perlakuan) menjadi 0,60 ppm. Selanjutnya disusul kandang dengan perlakuan pemberian kapur turun hingga 59,28%, dari 1,67 ppm menjadi 0,68 ppm, serta penanaman kedelai di sekeliling kandang juga mampu menurunkan intensitas bau amonia hingga 53,29% dari 1,67 ppm turun menjadi 0,78 ppm. Sementara dosis penggunaan kapur yang paling rasional baik ditinjau dari faktor ekonomi maupun fungsinya dalam menurunkan intensitas bau amonia sebanyak 525 kg atau sekitar 0,88 kg/m². Angka ini setara dengan Rp 882/m².

Kata kunci: amonia, kapur, tanaman kedelai, intensitas bau

Abstract.

This research was conducted to help the farmers in Central Kalimantan in overcoming the problems of air pollution; the smell of amonia gas as well as a large number of flies, both as a result of livestock manure, was often the source of complaint by local people, and affected from the activity of broiler farming around settlements. The researchers tried to use limestone and soybean plants to combat air pollution, and the intensity of the amonia gas odor from each cattle enclosure, both treated and untreated, were measured using the AR8500 amonia detector device. The results showed that lime and soybean was the most appropriate treatment, helping to reduce the intensity of ammonia gas odor up to 64.0%, from 1.67 ppm (control) to 0.60 ppm. Lime treatment alone was slightly less effective, reducing to 59.3%, from 1.67 ppm to 0.68 ppm. Planting soybean around the enclosure was also able to reduce ammonia to 53.3%, from 1.67 ppm decreased to 0.78 ppm. The best dosage of lime used was 525 kg or 0.88 kg/m², which is equivalent to Rp.882 per m².

Keywords: amonia, limestone, soybean, odor intensity

1. PENDAHULUAN

Perkembangan peternakan ayam boiler di Kalimantan Tengah khususnya di Palangka Raya cukup mengembirakan terutama dalam lima tahun terakhir ini, terlihat dari pemenuhan kebutuhan daging ayam broiler di Palangka Raya dan sekitarnya yang sudah mencapai 24 ton per hari atau sekitar 12.000 ekor. Menurut data Dinas Peternakan Provinsi Kalimantan Tengah (2015) angka ini mengalami kenaikan hingga 30% jika dibandingkan dengan kebutuhan pada tahun 2011 yang lalu. Seiring dengan perkembangan kebutuhan daging ayam tersebut, juga tidak terlepas dengan persoalan yang dimunculkan dari aktivitas

* Korespondensi Penulis
Email : andi.bustan.99@gmail.com

peternakan ini. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan terhadap lingkungan pada proses produksi peternakan ayam biasanya dikaitkan dengan jumlah kotoran yang dihasilkan (Yusrini 2002).

Sebagian besar warga masyarakat yang bermukim di sekitar lokasi peternakan ayam broiler ini merasa terganggu oleh aktivitas peternakan karena munculnya aroma tidak sedap di saat-saat tertentu khususnya ketika ayam berumur 25 hingga 40 hari. Sumber utama aroma tidak sedap ini adalah kotoran yang dihasilkan oleh ternak unggas yang setiap harinya selalu bertambah seiring dengan bertambahnya umur ayam. Sebagai gambaran kotoran ternak yang dihasilkan untuk setiap ekor ayam hingga umur panen mencapai 0,5-0,8 kg/ekor, setara dengan 4.000 kg per 5.000 ekor ayam ternak. Angka ini akan semakin membesar jika dikalikan dengan jumlah kandang yang ada di lokasi peternakan, yang biasanya mencapai 4 buah atau sekitar 20.000 ekor di setiap lokasi atau terdapat 16.000 kg (16 ton) kotoran yang dihasilkan dalam satu periode pemeliharaan.

Lokasi peternakan didirikan di tempat yang relatif jauh dari pemukiman serta dianggap sangat aman dari aspek pencemaran udara, namun karena perkembangan penduduk termasuk perkembangan kebutuhan pemukiman yang pada akhirnya pemukiman bergeser mendekati lokasi peternakan. Hal ini tentu menimbulkan persolan baru baik peternak maupun warga yang bermukim di sekitar lokasi peternakan, inilah yang sering dialami oleh para peternak dan investor (mitra) yang menanamkan modalnya dalam agrobisnis ini.

Perkembangan pemukiman masyarakat di sekitar lokasi peternakan semakin padat, hal ini seiring dengan perkembangan dari waktu ke waktu. Gambaran umum saat ini bahwa jarak terdekat antara pemukiman dengan lokasi ternak sekitar 50-350 m. Jarak ini sangat dekat untuk terkena dampak pencemaran udara yang bersumber dari kotoran ayam ternak. Kondisi ini diperburuk dengan arah angin yang dapat membawa bau amonia ke pemukiman yang lebih jauh.

Persoalan ini dapat diatasi sebagai solusi jangka panjang yaitu mencari lokasi baru, dan kembali membangun kandang-kandang baru (relokasi), namun karena membangun kandang baru dengan kapasitas 5.000 ekor beserta segala kelengkapannya biayanya mencapai Rp 165.000.000 biaya ini belum termasuk harga tanah, ini suatu angka yang cukup besar khususnya bagi peternak mandiri. Oleh karena itu, perlu ada pemikiran yang konstruktif untuk mengatasi permasalahan ini, karena terhentinya aktivitas pemeliharaan ayam boiler di suatu tempat, sudah pasti berdampak terhadap menurunnya produktivitas daging ayam yang berarti menurunnya pasokan daging ayam di pasaran.

Amonia bisa sangat beracun untuk berbagai organisme (Brigden dan Stringer 2000). Selain menimbulkan gangguan pernapasan pada manusia, juga ada persoalan yang selalu dihadapi oleh peternak yaitu angka kematian yang tinggi di umur 30 hingga 40 hari, kematian yang tinggi ini juga dipicu oleh tingginya intensitas bau dari bawah kandang, rata-rata ketinggian kandang dari permukaan tanah hanya sekitar 140 cm hingga 150 cm. Hal ini berarti bahwa amonia (NH_3) atau kotoran ayam yang mengumpul di bawah kandang akan tercium secara bebas oleh ayam ternak yang berdampak pada penyakit saluran pernapasan ayam, sehingga menyebabkan tumbuh kembang ayam yang jauh dari ideal hingga pada kematian. Persoalan semacam inilah yang sangat diharapkan solusinya oleh masyarakat peternak agar dapat bekerja dengan tenang, dan produksi ternaknya tidak mengalami angka kematian yang tinggi. Angka kematian yang melewati 5% setiap periode pemeliharaan akan menyebabkan peternak mengalami kerugian yang tidak sedikit.

Secara spesifik munculnya amonia ini disebabkan oleh urea dan asam urat ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) sebagai produk akhir metabolisme purin (Ngili 2009) dari hasil limbah kotoran/feses ayam yang belum mampu tertangani dengan baik. Kebanyakan kandang yang dibuat untuk peternakan di Palangka Raya berbentuk rumah panggung, sehingga memungkinkan kotoran dari ayam akan langsung jatuh ke tanah dan bercampur dengan unsur hara di dalamnya, biasanya lambat mengering, sehingga dapat meminimalkan bau racun amonia (NH_3), namun dalam beberapa kasus kondisi kandang seperti dijelaskan sebelumnya tidak mengurangi dampak yang ditimbulkan.

Menurut Rachmawati (2000), seekor ayam dalam sehari rata-rata menyumbangkan kotoran 0,15 kg, dengan total nitrogen yang terkandung $\pm 2,94\%$, yang dapat menjadi sumber amonia ketika kotoran lambat mengering karena kelembaban tinggi atau suhu yang lembab di bawah kandang. Pain (1999) menyebutkan bahwa gangguan bau dari sistem usaha peternakan sangat tinggi. Bau dari kotoran ternak merupakan hasil biotransformasi kotoran ternak oleh aktivitas bakteri baik secara aerob maupun anaerob. Tajamnya bau amonia yang dihasilkan dari kotoran ayam disebabkan kurangnya kemampuan bakteri *nitrozomonas* dan bakteri *nitrobacter* dalam reaksi nitrifikasi yaitu mengubah amonia ke dalam senyawa nitrit NO_2^- dan nitrat NO_3^- (Marsidi 2002). Bakteri ini banyak terkandung dalam tanah yang subur dimana tumbuhan memproses alami proses nitrifikasi ini, namun berbeda halnya dengan tanah di Palangka Raya yang kategorinya tanah gambut, tingkat zat hara dan kesuburannya kurang (kondisi asam) serta kelembabannya yang tinggi karena kategori tanah berair sepanjang tahun dengan pH yang berbeda di setiap tempat, sehingga tanah tidak dapat memproses amonia ini dengan maksimal ketika kotoran ayam yang telah

berubah menjadi amonia ini jatuh ke tanah karena bereaksi dengan air dan udara.

Salah satu upaya untuk menurunkan bau amonia adalah dengan memanfaatkan kapur beserta tanaman polong-polongan (kacang kedelai) yang ditanam di pinggiran kandang, pemberian kapur ini dilakukan berdasarkan perbandingan luasan areal kandang yang ditempati kotoran ternak unggas. Pemilihan kapur dan tanaman kedelai ini setelah mempelajari lebih dalam tentang karakteristik kapur beserta tanaman kedelai sebagai bahan yang dapat digunakan untuk mempercepat proses pengeringan kotoran ternak yang selanjutnya diharapkan menurunkan kadar bau amonia.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Kajian dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lokasi peternakan yang berada di wilayah Kereng Bangkirai Kota Palangka Raya, terletak 9 km dari Universitas Palangkaraya. Penelitian dilaksanakan pada Februari-Juli 2017 dengan dua periode pengambilan sampel.

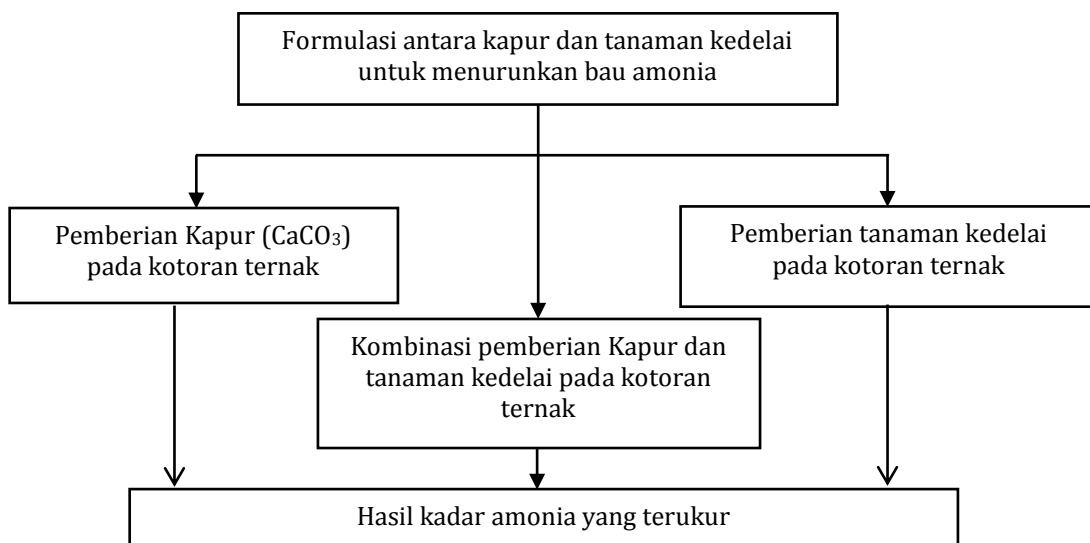
2.2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah metode eksperimental dengan teknik observasi di lapangan dan analisis laboratorium. Metode eksperimental dengan teknik observasi di lapangan dilakukan untuk mengumpulkan sampel kotoran ayam mulai dari ayam pertama kali masuk kandang sampai masa panen (35-40 hari). Sampel diambil 5 hari sekali setelah hari ke-12 (hari 1 sampai hari 12 kotoran ayam tidak jatuh ke tanah akan tetapi berada di atas serbuk kayu yang sudah dipersiapkan saat pembibitan) dengan 8 pengambilan tempat sampel berbeda (4 tempat sampel diberi perlakuan khusus dengan sekeliling kandang ditanami kedelai).

Pengambilan sampel kotoran ayam dilakukan pada dua tempat yaitu peternakan yang tanpa kedelai dan peternakan yang dikelilingi oleh kedelai. Perlakuan dua tempat ini dengan maksud menaksir daya serapan gas nitrogen pada kedelai, sehingga dapat diketahui kemampuan tanaman ini dalam mengurangi intensitas bau. Kedelai ditanam di seputaran kandang (ditanam dengan cara mengelilingi kandang ternak) yang luasnya mencapai $(4 \times 7) \text{ m} + (4 \times 85) \text{ m} = 36,8 \text{ m}^2$. Tanaman ditanam seminggu sebelum kandang diisi bibit ayam, dengan asumsi tanaman telah tumbuh dengan sempurna sebelum kotoran ayam jatuh ke bawah kandang saat umur ayam 14 hari.

Kotoran diukur kadar amonia, kemudian diberi kapur yang sesuai, dengan cara dicairkan dan disemprotkan pada kotoran agar bau amonia hilang. Seminggu sekali dilakukan pengambilan sampel tanah di sekitar kedelai untuk menganalisis kandungan bakteri pengurainya. Pemberian kapur pada kotoran

ayam dimulai saat umur ayam mencapai 20 hari, kotoran ayam pada umur ini relatif masih kurang (tebarannya) masih tipis dan belum memenuhi luasan kandang yang ada (ini terjadi pada ke empat kandang yang menjadi obyek pengamatan). Selanjutnya sistem penaburan kapur diberikan secara berturut-turut pada umur 25, 30, 35 dan 40 hari.



Gambar 1. Bagan proses penelitian.

Perlakuan pertama dengan menaburkan kapur sebanyak 25 kg pada luasan 65% dari luasan kandang (595 m²) dengan kapasitas ayam 5.000 ekor. Selanjutnya pengukuran kedua, ketiga, ke empat dan ke lima, penambahan komposisi kapur naik menjadi 50 kg, 100 kg, 150 kg dan 200 kg, dengan cakupan luasan sudah mencapai 100% dari luas keseluruhan kandang. Setiap perlakuan yang diberikan selanjutnya dideteksi amonia yang ditimbulkan dengan menggunakan alat detektor seri A8500 pada 4 titik yaitu masing-masing 0 m, 25 m dan 50 m dan 75 m dari sumber amonia atau dari kandang. Berikut ini merupakan gambar alur formulasi antara kapur dan tanaman kedelai yang digunakan untuk menurunkan bau amonia (**Gambar 1**).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil penelitian

3.1.1. Untuk kandang A : perlakuan yang diberikan adalah pemberian kapur

Hasil pengukuran amonia pada kandang A dengan jarak masing-masing 0 m, 25 m, 50 m dan 75 m dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pengukuran amonia pada kandang A.

	0 m	25 m	50 m	75 m
1. 20 hari	0,10 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
2. 25 hari	0,13 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
3. 30 hari	0,21 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
4. 35 hari	0,37 ppm	0,13 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
5. 40 hari	0,68 ppm	0,33 ppm	0,16 ppm	0,00 ppm

3.1.2. Kandang B : perlakuan dengan penanaman kedelai

Pada saat umur ayam mencapai 20 hari, pengukuran pertama dilakukan untuk melihat penyerapan kadar amonia (NH_3) yang ditimbulkan oleh kotoran ayam pada tanaman kedelai. Pada saat pengukuran pertama (minggu ke-4), kedelai memiliki ketinggian rata-rata 21,67 cm, dengan jumlah daun berkisar 10-14 lembar per pohon. Pada pengukuran yang kedua (minggu ke-5) tinggi tanaman rata-rata 23,5 cm, dengan jumlah daun 14-18 lembar, pada pengukuran ketiga 27,5 cm, pengukuran keempat 30,8 cm, dan pengukuran kelima 35,2 cm, dengan jumlah daun 15-20 lembar, tidak termasuk daun yang sudah kering/layu. Pertumbuhan kedelai dengan jumlah daun dan pertumbuhan akar yang signifikan terhadap umur dan ketinggian tanaman diharapkan dapat menyerap amonia di sekitar kandang ternak. Data pengukuran amonia ditunjukkan pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Pengukuran amonia pada kandang B.

	0 m	25 m	50 m	75 m
1. 20 hari	0,12 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
2. 25 hari	0,17 ppm	0,09 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
3. 30 hari	0,28 ppm	0,10 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
4. 35 hari	0,40 ppm	0,23 ppm	0,10 ppm	0,00 ppm
5. 40 hari	0,78 ppm	0,48 ppm	0,28 ppm	0,03 ppm

Perlakuan terhadap kandang B yang hanya ditanami kedelai tanpa ada perlakuan lain menunjukkan intensitas amoniannya relatif masih lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian kapur, bahkan data tersebut menunjukkan angka yang cukup jauh melampaui ambang batas yang ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 21 Tahun 2008 tentang baku mutu terhadap sumber yang tidak bergerak bagi usaha. Batas ambang amonia (NH_3) adalah 0,5 ppm. Sementara yang dapat dijadikan sebagai kegiatan, terkait pemeliharaan ternak ini, pada usia 40 hari atau usia panen. Pada usia 40 hari kotoran yang ada di bawah kandang jumlahnya mencapai maksimal 250 karung (5.000 kg) selama pemeliharaan. Kotoran ayam tersebar merata di permukaan tanah di bawah kandang dengan tingkat penyebaran mencapai 8,40 kg/m², untuk luasan kandang sebesar 595 m². Hasil penelitian dengan menggunakan

tanaman kedelai di sekeliling kandang seluas 36,8 m² ditunjukkan bahwa pemanfaatan kedelai masih belum memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan pemberian kapur.

3.1.3 Kandang C: perlakuan dengan pemberian kapur yang disertai penanaman kedelai

Perlakuan yang diberikan pada kandang ternak ini ada dua macam yaitu penaburan kapur dan penanaman kedelai di seputar kandang. Luas tanaman kedelai di kandang C sama dengan luas tanaman kedelai di kandang B yaitu 36,8 m², demikian juga komposisi kapur yang diberikan sama banyaknya pada kandang A. Oleh karena proses persiapan biji kedelai dan penanamannya dilakukan secara bersamaan dengan kandang B, maka tidak ada perbedaan secara signifikan tinggi tanaman kedelai rata-rata termasuk jumlah daun yang masih hijau, meski di beberapa area dijumpai beberapa tanaman yang kurang berkembang dengan baik disebabkan terdapatnya sarang semut dan dimakan oleh burung bagian daunnya. Nilai amonia dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Pengukuran amonia pada kandang C.

	0 m	25 m	50 m	75 m
1. 20 hari	0,09 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
2. 25 hari	0,11 ppm	0,06 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
3. 30 hari	0,22 ppm	0,10 ppm	0,00 ppm	0,00 ppm
4. 35 hari	0,40 ppm	0,22 ppm	0,07 ppm	0,00 ppm
5. 40 hari	0,60 ppm	0,38 ppm	0,15 ppm	0,00 ppm

Jika mencermati data tersebut di atas, terlihat bahwa ada penurunan data pada setiap pengukuran yang dilakukan, namun pengukuran itu tidak terlalu signifikan dengan hasil pengukuran pada kandang kedua.

3.1.4. Kandang D : kandang kontrol tanpa ada perlakuan

Kandang ternak D dijadikan sebagai kandang kontrol, kandang ini tidak diberikan perlakuan apapun (dibiarkan pada kondisi apa adanya). Namun pengukuran amonia tetap dilakukan secara bersamaan dengan kandang A, B, dan C. Hasil pengukuran amonia pada kandang D ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Pengukuran amonia pada kandang D.

	0 m	25 m	50 m	75 m
1.(20 hari)	0,14 ppm	0,07 ppm	0,02 ppm	0,00 ppm
2.(25 hari)	0,35 ppm	0,11 ppm	0,07 ppm	0,00 ppm
3.(30 hari)	0,63 ppm	0,32 ppm	0,09 ppm	0,00 ppm
4.(35 hari)	1,13 ppm	0,87 ppm	0,28 ppm	0,00 ppm
5.(40 hari)	1,62 ppm	1,21 ppm	0,67 ppm	0,02 ppm

Kandang D juga memiliki luas yang sama dengan kandang A, B, dan C dengan kapasitas ternak ayam yang bisa ditampung mencapai 5.000 ekor. Tidak ada perbedaan jumlah kapasitas ternak dari semua kandang yang ada. Namun bila dicermati dari hasil pengukuran alat detektor amonia terlihat bahwa pada usia ayam 30 hari kotoran ternak yang ada di bawah kandang, amonia yang dihasilkan sudah melewati standar baku mutu, bahkan pada radius 25 m ketika umur ternak ayam mencapai 35 hari juga sudah melampaui ambang batas. berdasarkan Permen Lingkungan Hidup No. 21 tahun 2008 yang besarnya hanya 0,5 ppm. Terlebih lagi ketika usia ternak mencapai 40 hari, amonia yang ditimbulkan dapat terdeteksi pada radius 75 m (**Tabel 5**).

Tabel 5. Perbandingan bau amonia dari keempat sampel kandang pada umur ternak 40 hari.

	0 m	25 m	50 m	75 m
Kd. A	0,68 ppm	0,33 ppm	0,06 ppm	-
Kd. B	0,78 ppm	0,48 ppm	0,28 ppm	0,03 ppm
Kd. C	0,60 ppm	0,38 ppm	0,15 ppm	-
Kd. D	1,67 ppm	1,21 ppm	0,67 ppm	0,52 ppm

Berdasarkan **Tabel 5**, diketahui bahwa komposisi yang ideal di dalam pemberian kapur pada lokasi peternakan (di bawah kandang) adalah 200 kg kapur per luasan kandang ($0,34 \text{ kg/m}^2$) dengan kapasitas kandang mencapai 5.000 ekor. Dikatakan ideal karena bila dilihat dari nilai ekonomisnya, harga kapur sebanyak 200 kg (empat karung) adalah sebesar Rp 200.000 mampu menekan atau menurunkan intensitas bau amonia sebesar 40,71% yang artinya bahwa jika peternak yang kapasitas kandang nya 5.000 ekor ayam dengan luas kandang sebesar 595 m^2 , bilamana menggunakan kapur (menabur kapur di permukaan kotoran ayam) mampu menurunkan bau amonia sebesar 40,71%. Sementara jika menggunakan komposisi 150 kg kapur, dengan luas sebaran $0,25 \text{ kg/m}^2$, walaupun ini dari segi harga relatif lebih murah, tidak dapat dijadikan sebagai patokan karena pada saat itu umur ayam masih 35 hari dengan berat badan baru mencapai 0,9 kg hingga 1,10 kg/ekor (kategori ayam kalasan).

Tabel 6. Sebaran penggunaan kapur tiap m^2 yang ditaburkan di bawah kandang A dan C.

No	Luas permukaan	Jumlah kapur	Distribusi/ m^2	Jarak 0 m
1.	357 m^2 (60%)	25 kg	$0,07 \text{ kg/m}^2$	0,1 ppm
2.	476 m^2 (80%)	50 kg	$0,11 \text{ kg/m}^2$	0,13 ppm
3.	595 m^2 (100%)	100 kg	$0,17 \text{ kg/m}^2$	0,21 ppm
4.	595 m^2 (100%)	150 kg	$0,25 \text{ kg/m}^2$	0,37 ppm
5.	595 m^2 (100%)	200 kg	$0,34 \text{ kg/m}^2$	0,68 ppm

Komposisi kapur yang paling banyak ditaburkan saat mencapai usia panen pada umur 40 hari. Dengan luasan kandang 595 m^2 jumlah kapur yg ditaburkan mencapai 200 kg atau sekitar $0,34 \text{ kg/m}^2$ (**Tabel 6**), setara dengan Rp 340 per

m², ini baru perhitungan pemberian kapur pada usia ke 40 hari. Akan tetapi bilamana data pemberian kapur untuk sekali pemeliharaan, maka jumlah kapur yang ditaburkan mencapai 525 kg, atau sama dengan 0,88 kg/m², setara dengan Rp 882 per m².

3.2. Pembahasan

Dalam lima kali pemberian kapur yang ditaburkan pada permukaan tanah di bawah kandang A dan C yang dimulai pada umur 20, 25, 30, 35 dan 40 hari, dan disertai dengan pengukuran intensitas bau amonia ternyata memunculkan hasil pengukuran yang berbeda pada jumlah hari pengukuran yang sama. Perbedaan ini karena banyaknya kotoran ternak yang jatuh di bawah kandang seiring dengan bertambahnya umur ayam, dan pemberian perlakuan yang berbeda. Banyaknya kotoran ayam di bawah kandang seiring dengan pertambahan umur ayam dan jumlah pakan akan semakin menebalnya lapisan kotoran ayam di bawah kandang yang menutupi permukaan tanah. Lapisan yang menebal ini akan terekam dengan baik oleh alat ukur gas amonia. Ada perbedaan amonia di setiap pengukuran pada hari yang berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan perlakuan.

Sebaran kapur yang diberikan di bawah kandang berbeda pada setiap waktu pengukuran hal ini dimaksudkan untuk tetap memperhitungkan faktor efisiensi (yang berhubungan dengan dana yang dikeluarkan oleh peternak) karena pemberian kapur yang berlebihan berdampak pada jumlah pengeluaran yang tinggi, dan jika ini terjadi berarti akan mengurangi pendapatan peternak. Pemberian kapur yang banyak justru lebih bagus untuk menghilangkan atau menurunkan amonia di kandang ternak, namun hal ini akan sulit dilakukan oleh peternak karena setiap m persegi kapur yang disebarkan oleh peternak sampai usia panen mencapai 525 kg atau dengan harga Rp 1.000/kg. Atau sekitar Rp 525.000 angka ini cukup berat bagi peternak, terlebih lagi jika ditambah dosis kapur yang diberikan sesuai **Tabel 6**.

Mencermati data yang dipaparkan pada **Tabel 6**, dari ke empat kandang ayam yang dijadikan sebagai lokasi penelitian, terlihat bahwa semua kandang pada usia ternak mencapai 40 hari atau usia panen kotoran ternak ayam atau amonia yang ditimbulkan semuanya berada di atas ambang batas baku mutu, khususnya pada pengukuran di pusat sumber amonia pada jarak (0 m). Intensitas bau amonia ini berkurang seiring dengan bertambahnya jarak pengukuran dengan pusat sumber amonia. Walaupun demikian tidak ada hasil pengukuran yang melampaui standar baku mutu di jarak titik pengukuran 25 m, 50 m, dan 75 m, kecuali pada obyek penelitian di kontrol. Pada kontrol di jarak 75 m sudah mulai terdeteksi bau amonia walaupun intensitasnya masih rendah sekitar 0,05 ppm. Intensitas bau amonia ini semakin tinggi semakin mendekati

kandang. Pada jarak 50 m dari pusat sumber, amonia mencapai 0,67 ppm, berada di atas ambang batas. Selanjutnya pada jarak 25 m, amonia yang terdeteksi mencapai 1,21 ppm, di pusat sumber hingga 1,67 ppm.

Hal yang tidak kalah pentingnya untuk dicermati adalah perlakuan yang diberikan pada kandang B dimana pada tempat ini tidak ada pemberian kapur di bawah kandang akan tetapi yang dilakukan adalah penanaman tanaman kedelai seluas $(4 \times 7) \text{ m} + (4 \times 85) \text{ m} = 368 \text{ m}^2$ di sekeliling lokasi peternakan. Tumbuhan ini diharapkan mampu menurunkan amonia yang muncul akibat kotoran ternak.

Alasan pemanfaatan tanaman kedelai (tanaman polong-polongan) karena tanaman ini bersimbiosis dengan bakteri nitrogen atau dikenal juga sebagai bakteri pengikat nitrogen salah satunya *Rhizobium* sebagai kelompok bakteri yang mampu mengikat nitrogen bebas di udara dan mereduksinya menjadi senyawa amonium (NH_4), ion nitrit (NO_2^-) dan ion nitrat (NO_3^-) dengan bantuan enzim nitrogenase.

Salah satu contoh tanaman polong-polongan adalah kedelai yang merupakan tanaman pangan berupa semak yang tumbuh tegak yang memiliki jenis akar tunggang, akar lateral, dan akar serabut. *Rhizobium* yang dapat menodulasi tanaman kedelai secara efektif dikenal sebagai *Bradyrhizoiium japonicum*. Asosiasi simbiotik tanaman kedelai dengan bakteri *B. japonicum* dapat memfiksasi N diatas 200 kg N/ha/tahun. Kebutuhan N pada tanaman kedelai dapat disuplai melalui fiksasi nitrogen biologi dengan memilih galur-galur *B. japonicum* yang efektif (Javaid dan Nasir 2010).

Tumbuhan kedelai jauh lebih murah ongkosnya dibandingkan dengan kapur sebagai sarana untuk menurunkan bau amonia di lokasi ternak, karena jenis tumbuhan ini relatif lebih mudah didapat dipasaran, harganya lebih murah, dan menanamnya juga mudah, yang penting lokasi menanam kedelai itu sudah dibersihkan dari rumput sehingga memudahkan pertumbuhannya. Tanaman ini juga bisa memberikan nilai tambah pada peternak karena tanaman kedelai bisa dimanfaatkan untuk sayuran. Hanya saja tanaman ini rentan dengan semut merah. Bilamana semut merah yang biasa muncul di tanaman kedelai ini khususnya saat baru penanaman tidak diantisipasi maka pertumbuhan tanaman kedelai bisa mati, atau kerdil.

Hal lain yang juga menjadi kendala jika tanaman kedelai yang dijadikan bahan penelitian dalam menurunkan amonia yaitu pada saat musin hujan pertumbuhan tanaman ini tidak bagus atau tidak bisa tumbuh dengan sempurna, dan walaupun tumbuh pasti tidak sampai hingga 50%. Tanaman kedelai yang pertumbuhannya terganggu karena hujan (keadaan tanah selalu lembab), proses penyerapan amonia hingga ke akar (ditandai dengan munculnya bintil akar) tidak bisa berjalan dengan baik, bahkan mungkin tidak terjadi proses penyerapan amonia.

Penyerapan amonia dengan memanfaatkan tumbuhan kedelai bilamana tumbuh dengan subur ditandai dengan munculnya bintil-bintil atau kumpalan-kumpalan kecil pada akar yang menandakan bahwa proses penyerapan amonia pada tumbuhan tersebut dapat terserap. Bintil akar ini merupakan bengkakan jaringan akar tumbuhan yang berisi bakteri. Semakin banyak kandungan N pada bintil akar, dapat meningkatkan proses fiksasi N yang memberikan nutrisi secara langsung untuk perkembangan tumbuhan (Carter dan Tegeder 2015). Dalam hal ini bakteri yang berperan dalam fiksasi N mendapatkan karbohidrat dalam jaringan akar, sedangkan tumbuhan memanfaatkan sebagian bahan bernitrogen yang dibuat oleh bakteri dari nitrogen dalam udara yang ada di atas partikel tanah (Ramdana dan Retno 2015).

Didik *et al.* (2004) menyebutkan bahwa legum dengan bintil akar dapat memanfaatkan baik gas nitrogen dari udara maupun nitrogen anorganik dari dalam tanah, yang berarti semakin lama tanaman ini tumbuh di sekitar kandang dan membiarkan proses penyerapan amonia pada kotoran ayam yang jatuh ke tanah itu secara alami maka semakin banyak pula bintil-bintil yang terdapat di akar tanaman tersebut. Namun karena penelitian berlangsung di musim hujan, keadaan tanah lembab dan basah sepanjang hari, sehingga pertumbuhan kedelai kurang maksimal yang berimbas pada berkurangnya kemampuan tanaman menyerap amonia yang terakumulasi dalam tanah. Dugaan ini didukung oleh Didik *et al.* (2004) yang menyatakan bahwa penyerapan nitrogen menurun terutama karena akar bagian bawah yang berada dalam tanah jenuh air dan mati, sehingga luas permukaan akar menurun.

Pada kandang B yang secara keseluruhan ditanami dengan tumbuhan kedelai di sekeliling kandang ternak tanpa ada perlakuan lainnya hasilnya tidak lebih bagus dari hasil penelitian di kandang A yang diberikan kapur. Walaupun hasil deteksi dari alat detektor pada pusat sumber bau amonia tidak ada yang di bawah standar baku mutu, akan tetapi data yang ditunjukkan oleh perlakuan pemberian kapur masih lebih baik daripada hanya penanaman kedelai. Bahkan pada kandang B yang ditanami kedelai di pinggiran kandang intensitas baunya masih bisa terdeteksi pada jarak 75 m dari pusat sumber bau amonia.

Kombinasi antara pemberian kapur dengan kedelai, hasil yang diperoleh juga tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil perolehan data di kandang A. Intensitas bau amonia pada pusat sumber hanya berbeda tipis yakni 0,02 ppm. Pengukuran di lokasi pemberian kapur pada pusat sumber diperoleh 0,68 ppm, sementara hasil pengukuran di kandang C yang dikombinasi dengan kedelai ditambah kapur didapat 0,60 ppm. Artinya hanya selisih 0,08 ppm lebih rendah dari hanya pemberian kapur saja.

Ada hal yang perlu dicermati pada data pengukuran di jarak 50 m dari sumber yaitu pada kandang A terdeteksi 0,06 ppm, sementara pada kandang C dengan jarak yang sama terdeteksi sebesar 0,15 ppm. Data ini dapat dikatakan anomali karena seharusnya jika dicermati semua data yang ada diatas pada setiap kandang intensitas amonia dari kandang C itu harusnya lebih rendah dari nilai kandang A tapi tidak demikian halnya. Hal ini karena pada saat pengukuran dilakukan, faktor arah pergerakan udara tidak dapat dielakkan sehingga arah angin perlu menjadi pertimbangan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Amonia yang ditimbulkan oleh kotoran ayam pada lokasi peternakan dapat diturunkan dengan kapur (CaCO_3) yang ditaburkan secara merata dengan bobot, 25 kg, 50 kg, 100 kg, 150 kg dan 200 kg. Pemberian kapur secara bertahap pada setiap lima hari yang terhitung mulai pada usia ternak 20 hari. Pemberian kapur pada kotoran ternak mampu menekan intensitas bau amonia dari 1,67 ppm (data acuan tanpa perlakuan) menjadi 0,68 ppm atau sekitar 40,71% pada titik sumber amonia, yang berarti bahwa dengan pemberian kapur akan menekan amonia sebesar 59,28%.

Pemberian kedelai di sekeliling kandang juga mampu menurunkan intensitas bau amonia dari 1,67 ppm menjadi 0,78 ppm atau sekitar 46,70% pada titik sumber amonia, yang berarti bahwa dengan penanaman kedelai akan dapat menghilangkan amonia sebesar 53,29%. Kombinasi antara pemberian kapur dan penanaman kedelai pada kandang C juga mampu menurunkan intensitas bau amonia dari 1,67 menjadi 0,60 ppm, atau sekitar 35,93% pada titik sumber amonia, yang berarti bahwa dengan kombinasi kapur serta kedelai mampu menghilangkan bau amonia sebesar 64,07%.

Komposisi kapur yang paling tepat ditinjau dari aspek ekonomi serta kemampuannya menurunkan amonia pada kotoran ternak ayam sebanyak 525 kg dengan luas kandang hingga 595 m², untuk lima kali pemberian secara bertahap pada kandang yang berkapasitas 5000 ekor. Jumlah kapur ini adalah jumlah yang masih mampu dilakukan atau diadakan oleh peternak. Dari hasil pengukuran pada alat detektor, setelah diberi perlakuan baik pemberian kapur pada kotoran ternak, penanaman kedelai, maupun kombinasi dari kedua unsur ini ditemukan bahwa pada jarak 25 m ke atas tidak ada amonia yang mencapai ambang batas baku mutu amonia sebesar 0.55.

4.2 Saran

Perlu ada pemilihan bibit kedelai sebelum disemai agar pertumbuhannya lebih baik dan tidak menjadi kerdil khususnya disaat saat umur ayam mencapai 20 hari, saat awal pengukuran pertama dilakukan. Perlu diperhitungkan arah

angin dan temperatur udara ketika pengukuran karena hal ini sangat mempengaruhi alat detektor. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran amonia dikemudian hari harusnya sudah ada peralatan tentang pengukuran kecepatan udara (arah angin) yang disiapkan.

5. Daftar Pustaka

- Brigden K and Stringer R. 2000. Amonia and urea production: incidents of amonia release from the profertil urea and amonia facility, Bahia Blanca, Argentina. Greenpeace Research Laboratories, Departement of Biological Science University of Exeter. United Kingdom.
- Carter AM and Tegeder M. 2015. Increasing nitrogen fixation and seed development in soybean requires complex adjustments of nodule nitrogen metabolism and partitioning processes. *Current Biology* 26(15):2044-2051.
- Didik I, Soemartono S, Notohadisuwarno S and Hari P. 2004. Metabolisme nitrogen pada tanaman kedelai yang mendapat genangan dalam parit. *Jurnal Ilmu Pertanian* 11(2):68-75.
- Javaid A and Nasir M. 2010. Growth, nodulation and yield response of soybean to biofertilizers and organic manures. *Journal of Botany* 42(2):863-871.
- Marsidi R. 2002. Proses nitrifikasi dengan sistem biofilter untuk pengolahan air limbah yang mengandung amoniak konsentrasi tinggi. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 3(3):195-204.
- Ngili Y. 2009. Biokimia metabolisme & bioenergetika. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Pain BF. 1999. Gangguan bau yang berasal dari sistem produksi ternak, in pollution in livestock production system. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Rachmawati S. 2000. Upaya pengelolaan lingkungan usaha peternakan ayam. *Wartazoa* 9(2):73-80.
- Ramdana S dan Retno P. 2015. Rhizobium: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *E-Journal Teknis EBONI* 12(1):51-64.
- Yusrini H. 2002. Penangkapan dan pengukuran amonia pada kotoran ayam. Balai Penelitian Veteriner. Bogor.

History of environmental impact assesment in Indonesia

F. S. Dhiksawan^{1,2*}, S. P. Hadi³, A. Samekto⁴, D. P. Sasongko⁵

¹Doctorate Programme of Environmental Science, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

²Geography Programme Studies, Faculty of Training Teacher Cenderawasih University, Papua, Indonesia

³School of Postgraduate Studies, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

⁴School of Postgraduate Studies, Diponegoro University Semarang, Indonesia

⁵Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

Abstrak.

Penelitian tentang sejarah analisis mengenai dampak lingkungan (amdal) di Indonesia bertujuan untuk memperoleh gambaran perubahan regulasi amdal. Metode dan materi penelitian ini berupa studi pustaka jurnal-jurnal, buku-buku teks dan dokumen-dokumen penelitian tentang sejarah amdal. Penelitian menghasilkan gambaran sejarah awal mula amdal di Indonesia. Dimulai dari keikutsertaan Pemerintah Republik Indonesia pada *Conference on the Human Environment (UNCHE)* di Stockholm tahun 1972 dan 1973 Indonesia memulai memasukan pertimbangan lingkungan ke dalam program pembangunan nasional, melalui Keputusan Majelis Permusyawaratan Rakyat Nomor IV Tahun 1973 dalam Garis-garis Besar Haluan Negara Bab III bagian B butir (10). Undang-undang lingkungan hidup pertama kali di Indonesia dikeluarkan tahun 1982 yang kemudian mengalami pergantian pada tahun 1997 dan 2009. Pasal-pasal dalam undang-undang mencatumkan amdal sebagai salah satu instrumen pencegahan kerusakan lingkungan. Peraturan pemerintah tentang amdal pertama kali diimplementasikan melalui Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 1986, selanjutnya diganti dengan Peraturan Pemerintah 51 tahun 1993 dan kemudian Peraturan Pemerintah Nomor 51 tahun 1993 dinyatakan tidak berlaku lagi dan diganti dengan Peraturan Pemerintah Nomor 27 tahun 1999. Selama kurun waktu 3 (tiga) tahun diganti dengan Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan.

Kata kunci: sejarah, amdal, peraturan pemerintah, undang-undang

Abstract.

This research on the history Environmental Impact Assessment (EIA) in Indonesia is aimed at obtaining an overview of the changes in regulations concerning EIA. It methods and materials in the form of library study including journals, books, and research documents on the history of EIA. The research produced an overview of the early history of EIA in Indonesia. The overview starts from the participation of the Government of the Republic of Indonesia in the Conference on the Human Environment (UNCHE) Stockholm in 1972. In 1973 Indonesia began inserting environmental consideration into the national development program based on the Decree of the People's Consultative Assembly Number IV of 1973 in the Broad Outlines of State Policy Chapter III Part B item (10). Environment law was firstly enacted in Indonesia in 1982. As time went by, the environmental laws went changes in 1997 and 2009. This law mandated the enactment of government regulation concerning EIA. EIA was first implemented in Indonesia based on the Government Regulation Number 29 of 1986. It was replaced with the Government Regulation Number 51 of 1993. Then It was revoked and replaced with Number 27 of 1999. After 3 (three) years replaced with Number 27 of 2012 on environmental license.

Keywords: history, environmental impact assessment (eia), government regulation, law

1. INTRODUCTION

After the Conference on the Human Environment (UNCHE) in Stockholm in 1972, Indonesia began put environmental consideration into the national development program that in 1973 the Decree of the People's Consultative Assembly Number IV of 1973 in the Broad Outlines of State Policy Chapter III Part B item (10) officially included environmentally sound development.

* Korespondensi Penulis
Email : dhiksawan@yahoo.co.id

As time went by, the environmental law underwent changes in 1997 and 2009. This law mandated the issuance of the Government Regulation concerning environmental impact assessment as an instrument to prevent environmental damage.

The government regulation concerning environmental impact assessment underwent changes following the changes in the environmental laws, namely the issuance of the Government Regulation Number 29 of 1986, the Government Regulation Number 51 of 1993, the Government Regulation of 27 of 1999 and the Government Regulation Number 27 of 2012 on environmental license. This research is aimed to obtain an overview of the history of environmental impact assessment in Indonesia. Therefore, it is expected that this research can obtain information about the effectiveness and efficiency of the environmental impact assessment process in Indonesia.

2. RESEARCH METHODS AND MATERIALS

This research employed library study from various literatures of which materials consisted of international journals, books, and research results on the involvement of the people in the process of environmental impact assessment from 1995 to 2013.

3. RESEARCH RESULTS

The environmental impact assessment was first introduced in the United States of America on December 31, 1969 since the enactment of the National Environmental Protection Act (NEPA). This law required projects that had impacts on biophysical environmental components to make an environmental impact assessment (Canter 1996; Hadi 2009).

Canter (1996) states that: "Environmental impact assessment" (EIA) can be defined as the systematic identification and evaluation of the potential impact (effects) of proposed projects, plans, program, or legislative actions relative to the physical-chemical, biological, cultural, and socioeconomic components of the total environment. This definition show that every activity or program planning starts by conducting a systematic identification and evaluation on the potential impact that may occur on the total environment including physical, chemical, biological, cultural and socio economic impacts.

EIA is a process of analyzing and evaluating environmental impacts caused by human activities. EIA is aimed at guaranteeing the achievement of sustainable development, which is creating harmony between human prosperity and ecosystem conservation. Therefore, until now EIA is an effective tool in planning environmental management. EIA is an activity that involves people starting from giving information about the activity plan, identification, and evaluation of

environmental change as a result of project activity and their involvement in decision making process.

In addition, EIA is a technical key to combining concepts such as the principles of preventing natural resource loss and making right decision to achieve the main objectives of sustainable development (Zamorano 2013).

In Indonesia, Environmental Impact Assessment is defined in Law Number 32 of 2009 on conservation and management of Environment article 1 number (11) stating that environmental impact assessment is an assessment on crucial impacts of a business and/or activity that is planned on the environment which is necessary for a decision making process concerning the implementation of business and/or activity. EIA is also one of the instruments to prevent pollution and/or environmental damage (Law Number 32 of 2009 item 14 (e)).

Based on the articles in this law, there are 2 (two) key words on the definition of environmental impact assessment, namely (1). A study on the important impacts of a business and/or activity plan and; (2) the process of decision-making concerning the implementation of a business and/or activity. A study on the important impacts of a business and/or activity plan has a scientific significance. This is indicated that the process of EIA uses quantitative and qualitative scientific methods, especially in analyzing the possibilities of the impacts that may occur if a plan will be executed. Therefore, EIA as an instrument to prevent pollution and/or environmental damage is an activity of study that is scientifically reliable.

The study process in environmental impact assessment is carried out through the process of making a proposal (making of terms of reference), field research (making of environmental impact assessment) and giving suggestions and recommendations in the form of plans in managing the important impacts of an activity and the monitoring plans (making environmental management and environmental monitoring plans). All process taking place on the making of environmental impact assessment is used as a consideration for the decision of environmental feasibility. This decision making on environmental feasibility will serve as the requirements for the obtaining a license for activities utilizing natural resources.

3.1. The birth of environmental impact assessment in Indonesia

As a result from the participation of the Government of the Republic of Indonesia in the Conference on the Human Environment (UNCHE) in Stockholm in 1972, in 1973 the Government of the Republic of Indonesia first included environmentally sound development programs in the Decree of the People's Consultative Assembly.

One of the environmental development programs contained in Decree of the People's Consultative Assembly Number IV of 1973 in the Broad Outlines of

State Policy Chapter III Part B item (10) stating that: "In the implementation of development, Indonesian natural resources must be used rationally. Natural resources must be exploited in a way which does not damage human environment, is carried out with full wisdom and calculates the needs of future generations".

In 1975 through the Presidential Decree Number 27 of 1975, the Government of the Republic of Indonesia established an inventory and evaluation committee on natural resources. This committee was assigned to make a nationwide analysis on demand and supply pattern as well as present and future technological advances in order to assess social, economic, environmental, and political implication which would serve as the basis for deciding utilization policy and its security as national development resource at that time. The Presidential Decree Number 27 of 1975 was followed up by the Decree of Minister of Research Number 13 of 1975 on the Establishment of Work Program Formulating Committee for Natural Riches and Coordination, Integration, and Synchronization Committee.

Based on the results of the formulating committee, in 1978 the Government of the Republic of Indonesia produced a formula in the Decree of the People's Consultative Assembly Number IV of 1978 concerning the Broad Outlines of State Policy Chapter IV Part D item (19) stating that One of the important aspects in economic development is the utilization of natural and environmental resources.

Accordingly, it is necessary to improve inventory and evaluation of natural and environmental resources. Similarly, it is necessary to improve rehabilitation of damaged natural and environmental resources and steps to prevent damage on natural and environmental resources in order to ensure their sustainability". Based on the Presidential Decree Number 35 of 1978, in 1978 as a follow up to the Broad Outlines of State Policy, for the first time the Government of the Republic of Indonesia appointed a minister that coordinated government apparatuses assigned to supervise development and environment as well as to improve environmental management.

In 1980, the Presidential Decree Number 27 of 1975 was replaced by the Presidential Decree Number 68 of 1980 on the establishment of the committee of natural resources inventory and evaluation. This decree was aimed at further improving the implementation of the committee of natural resources inventory and evaluation as well as establishing the position of the principal tasks and functions in order to support the implementation of national development by appointing the Minister of Development and Environment Supervision as vice chairman of the committee.

Two years later, in 1982, the government proposed a draft of environmental law, which was then legalized by the House of Representative in

March 1982. Law Number 4 of 1982 was enacted in March 11, 1982. This law contained the principal provisions of environmental management. One of considerations for the enactment of this law was that environment was a gift from the almighty God, so that utilizing natural resources should consider sustainable and environmentally sound development by calculating the needs of current and future generations. Article (1) item (10) of this law starts the explanation about environmental impact assessment. The environmental impact assessment is a study on the impact of an activity that is planned on the environment, and is needed for a decision making process. Article (16) states that every plan estimated to have a crucial impact on the environment must be complemented with an environmental impact assessment of which implementation is regulated in the government regulation.

In 1987, the World Commission on Environment and Development (WCED) through the Brundtland Commission first proposed the concept of sustainable development project. Then in 1992, the Indonesian government participated in the Conference on Environment and Development (UNCED) or Earth Summit in Rio de Janeiro, Brazil. In this conference, sustainable development program was proposed to be extended and continued to be applied in every development program (Death 2014). Since then, the Government of the Republic of Indonesia started to make various adjustments on all development policies. Environmentally sound development was poured into the environmental law of the Republic of Indonesia Number 23 of 1997.

Various environmentally sound developments were continuously adjusted by the government. Such changes are not only resulted from political situation in the country (Old Order before 1966, New Order 1966-1998, Reform Order 1998-present), but also pressures from the world that the Government of the Republic of Indonesia should implement the environmentally sound and sustainable development.

Political change in the country brings consequences to the changes in the environmental law and the government law that follows. Environmental laws changed 3 (three) times within 27 years from 1982 until 2009. Law Number 4 of 1982 concerning Basic Provisions of Environmental Management was officially replaced with Law Number 23 of 1997 on Environmental Management in September 19, 1997, and Law Number 23 of 1997 was revoked as of October 3, 2009 and replaced with Law Number 32 of 2009 on Environmental Conservation and Management. The government regulation on environmental impact analysis also underwent changes following the changes in the Environmental Law.

Environmental impact assessment (EIA) was first implemented in Indonesia in 1986 through the enactment of the Government Regulation Number 29 of 1986 on environmental impact assessment as mandated by Environmental Law Number 4 of 1982. The Government Regulation concerning

environmental impact assessment (EIA) has had changed 3 (three) times within 25 years from 1986 to 2012. First, Government Regulation Number 29 of 1986 on environmental impact assessment was replaced with Government Regulation Number 51 of 1993 on environmental impact assessment. The latter government regulation concerning environmental impact assessment still referred to Law Number 4 of 1982 and due to practical reason in a decision making process. Second, the change occurred because Law Number 4 of 1982 was revoked and replaced with Law Number 23 of 1997. Therefore, Government Regulation Number 51 of 1993 on environmental impact assessment was revoked and replaced with Government Regulation Number 27 of 1999 on environmental impact assessment. In this year, the word *lingkungan* (environment) was added with *hidup* (living/life) so it became *lingkungan hidup* (living environment). Third, because Law Number 23 of 1997 was replaced with Law Number 32 of 2009, on February 23, 2012 Government Regulation Number 27 of 1999 on environmental impact assessment was revoked and replaced with Government Regulation Number 27 of 2012 on Environmental License.

3.2. Process of making environmental impact assessment in Indonesia

In general, the making of environmental assessment in Indonesia is aimed at obtaining a decision on environment feasibility for a plan running an activity or business that has significant impact on the environment. Specifically, the making of environmental impact assessment is aimed at, first, obtaining data and information of a business or activity plan; second, obtaining accurate data and information about preliminary environmental setting where the activity and/or business that has significant impacts will take place; third, obtaining the results of an estimation of a massive and significant impacts of an activity plan on the change in environmental components and mitigation efforts towards the significant impacts caused by the business and/or activity plan; fourth obtaining results of evaluation of significant impacts of a business and/or activity plan that can have significant impacts on the change in the quality of environment; fifth, obtaining a management and monitoring planning program for the quality of environment that is estimated to be affected by the significant impact of a business and/or activity plan.

Administratively, the stages of environmental impact assessment (EIA) in Indonesia include screening, making documents of environmental impact assessment, evaluating environmental impact analysis documents, making decision on the environmental feasibility based and the study results and environmental impact assessment of a business and/or activity plan. The process and guidelines for the making of environmental impact assessment in Indonesia developments and changed as the changes in Laws and Government Regulations.

3.2.1. Period 1982-1992

This period used Government Regulation Number 29 of 1986 on environmental impact analysis. Some important things in the environmental impact assessment based on the Government Regulation in this period was as follows:

First, procedures for environmental impact assessment based on government regulation that the project initiator should propose the project to the Minister or Person in charge of relevant activity. The proposal contained whether it was necessary to complete such activity in with environmental information presentation (EIP). The requirements of EIP or early screening were activity changing land and landscape, exploitation of renewable and non-renewable natural resources, activity causing depletion, damage or deterioration of natural resources, activity affecting social and cultural environment, affecting conservational area and cultural heritage, activity introducing plants, animals, microorganism, making and using biological and non-biological materials, and activity applying technology predicted to have a great potential impact on the environment.

Second, after such activity is declared to have significant impacts by the minister or the person in charge, the activity should be equipped with an environmental impact assessment (EIA). The guideline concerning the extent of significant impacts is determined by the minister in charge of managing the environment.

Third, if the initiator thinks that the plan will have significant impacts on the environment, the initiator and the responsible institution directly make a term of reference for the making of the environmental impact assessment without making the EIP first.

Fourth, it is not necessary to environmental impact assessment for an activity plan that is immediately carried to overcome an emergency circumstance. This decision is made after the minister or the person in charge consult with the minister assigned for managing the environment.

Fifth, if the responsible institution, in this case the minister or the governor, declares that the environmental impact assessment must be made, the initiator must make a term of reference (at the latest 30 days after being decided by the commission).

Sixth, the environmental impact assessment made by the initiator is then submitted to the responsible institution, in this case the minister or governor, to be evaluated by the commission. The evaluation commission decides to approve or reject the environmental impact assessment (at the latest 90 days after being decided by the commission). If the commission rejects, the initiator must revise the proposal and re-submit to the commission to obtain approval for the

environmental impact assessment (at the latest 30 days after being decided by the commission).

Seventh, if the deadline for deciding the term of reference of environmental impact assessment is passed by the commission, based on the power of this government regulation the activity will obtain an approval.

Eighth, if the result of environmental impact assessment states that that negative impact is greater than positive impact and such impact cannot be overcome by science and technology, the minister or governor can reject such activity plan. Subsequently, the initiator is given 14 days to file an objection to the decision. In such case, the minister or governor is given 30 days to process the initiator's objection (if the deadline is passed, the initiator's objection is considered as accepted based on the power of government regulation, the environmental management plan and environmental monitoring plan can be made).

Ninth, after the permission is granted, the initiator directly submits the environmental management plan and monitoring plan to the minister or governor in this case referred to as the institution responsible for giving approval.

Tenth, if the environmental management and monitoring plan is declared imperfect by the minister or governor based on the commission's evaluation, the initiator is given 30 days to revise it. If the deadline of 30 days is passes, the environmental management and monitoring plan is assumed to be approved. In this period, the decision of approval on the environmental impact assessment is a decision that greatly determines whether an activity can be executed. However, if there is no activity carried out by the initiator within 5 (five) years since the issuance of the approval on the environmental impact assessment, the decision is considered expired. Therefore, the initiator should submit a new proposal.

The minister or governor can grant re-approval based on new environmental impact assessment, environmental management and monitoring plan, or previous documents that can still be used. In addition to expiration, the decision of approval for the environmental impact assessment can be declared void. Such approval is void if there is a fundamental environmental change due to natural events or other events before the activity is carried out. If this happens, the initiator must make a new environmental impact assessment based on a new environmental zone based on the prevailing regulation. If the previous location has obtain approval for the environmental impact assessment and undergone fundamental environment change, the initiator does not have to make a new environmental information and the location undergoing fundamental changes can be used as the basis to make a new environmental impact assessment.

3.2.2. Period 1993-1997

The process and guideline of making the environmental impact assessment in this period were regulated in Government Regulation Number 51 of 1993 on environmental impact assessment as an improvement for Government Regulation Number 29 of 1986 as mandated in Law Number 4 of 1982 concerning Basic Provisions of Environmental Management Article (16). The process of making the environmental impact assessment starts with determining the type of business or activity estimated to have significant impacts on the environment. This is determined by the minister assigned to manage environment and control environmental impacts, after considering advices and opinions from the minister or person in charge of a non-department government institution.

If the business or activity plan has been determined to make the environmental impact assessment, according to this Government regulation the stages carried out in the process of environmental impact assessment are as follows.

First, the initiator must make a term of reference for the making of environmental impact assessment. The term of reference is submitted to the commission of environmental impact assessment to obtain written correction or feedback within 12 days. If the deadline is passes, the term of reference is declared valid as the basis for making the environmental impact assessment.

Second, after the term of reference is approved by the commission of environmental impact assessment, the initiator starts making environmental impact assessment, environmental management and monitoring plan, and submitting to the responsible institution, in this case the minister or the governor. After it is evaluated by the commission of environmental impact assessment (within 45 days after the document is accepted, the commission of environmental impact assessment must have assessed and made a decision on the acceptance or rejection of the document). If within the time given the commission has not made a decision, the document is declared valid and approved.

Third, if the environmental impact assessment, environmental management and monitoring plan is rejected, the initiator is given 30 days to make a revision. If within the time given the commission of environmental impact assessment has not made a decision, the document is declared approved to be accepted based on the power of the regulation.

Fourth, if the document of environmental impact assessment concludes that negative impacts of the activity cannot be overcome based on science and technology and the cost to overcome such impact is larger than the positive impact, the minister or governor should decide to reject. In regard to this decision, the initiator is given 14 days to file an objection to the rejection. Subsequently, the responsible institution in this case the minister in charge of

business and/or activity coordinates with the minister assigned to manage environmental impacts to make a decision at the latest 30 days since the initiator files an objection to the rejection of the activity. According this Government Regulation, this decision in the procedures of environmental impact assessment process in Indonesia is a final decision.

Fifth, the approval for environmental impact analysis, environmental management and monitoring plan is declared expired if the activity is not executed for 3 (three) years after the decision is issued. If it is declared expired, the initiator can submit an approval request to the responsible institution (Minister in charge of the activity or Governor). The institution decides whether the previous document can be re-used or must be renewed.

Sixth, the approval decision is declared void if there is a fundamental environmental change due natural events or other events before and during the time in which activity is executed. Afterwards, the environmental condition that has undergone fundamental changes can be reused as a new picture of environmental setting that will be reused as the basis for making environmental impact assessment, environmental management and monitoring plan documents. The most fundamental difference of the government regulations between the previous period and this period is that the EIP is not made as the basis for determining the making of environmental impact assessment, environmental management and monitoring plan documents. In addition, the duration for the process of environmental impact assessment is different. This government regulation only takes a maximum of 131 days, while the previous government regulation could take a maximum of 224 days.

3.2.3. Period 1998-2008

The period 1998 to 2008 is reform transition period until reform period. In this period, laws and regulations underwent changes as the result of the changes in government. Government Regulation concerning environmental impact analysis referred to Law Number 23 of 1997 serving as a substitute of Law Number 4 of 1982. This Law had been adjusted from the previous Law. Such adjustment included the word “lingkungan” (environment) which was no longer used, but changed into “lingkungan hidup” (living environment). This change gave a profound meaning, that a living environment was a condition in which human behaviors was the main focus in studying the change in the quality of environment. In addition, the sustainable development had clearly become the first consideration in making this Law.

In this period, the prevailing regulation concerning environmental impact analysis was Government Regulation Number 27 of 1999. In this regulation, there is a difference from the previous government regulation, namely the phrase “Dampak besar dan penting” (Major and significant impact), previously

only “Dampak penting” (Significant impact) in order to indicate fundamental environmental changes caused by an activity. The processes taking place in this Government Regulation are maximum 150 days. Stages in the making of environmental impact assessment are as follows.

First, the term of reference is made by the initiator and submitted to the responsible institution (Head of Institution assigned to control environmental impacts at the Central level or governor at regional level) through the central or regional audit commission.

Second, the decision on evaluation results on the term of reference takes a maximum of 75 days, and if within such period of time the audit commission does not make a decision, the term of reference is declared valid. One important thing is that the term of reference must be rejected if the activity plan is not in accordance with the regional spatial planning.

Third, after the term of reference is accepted, the initiator makes environmental impact assessment, environmental management and monitoring plan based on the term of reference. Subsequently, the initiator submits the documents of environmental impact assessment, the environmental management plan and environmental monitoring plan to the audit commission to be evaluated and decided its environmental feasibility (at the latest 75 days).

Fourth, the decision of environmental feasibility issued by the responsible institution must be attached with suggestions, opinions, and responses submitted by the people.

Fifth, the decision on environmental unfeasibility is issued by the audit commission if major and significant negative impact caused by the business and/or activity cannot be overcome by the available technology and if the cost to overcome is greater than the benefits. If the decision of unfeasibility is issued by the responsible institution, the responsible institution must reject the business license proposed by the initiator.

Sixth, the decision of environmental feasibility issued by the responsible institution is declared expired if the activity is not executed within 3 years after the issuance of the decision of environmental feasibility. In this case, the initiator is required to resubmit the approval request for the environmental impact assessment, environmental management plan and environmental monitoring plan to the responsible institution. Subsequently, the responsible institution can have the initiator to make a new document or to reuse the old documents fully.

Seventh, the decision of environmental feasibility is declared void if the initiator moves the location of business and/or activity, changes design, process, capacity, raw materials, supporting materials or there is fundamental environmental changes due to natural events and other events before and during the time in which the business and/or activity is executed.

3.2.4. Period 2009-present

Government regulation concerning environmental impact assessment in the period 2009 until the present time was based on Law Number 32 of 2009 conservation the environment conservation and management. In this law, it is stated in Article (14) that one of the instruments to prevent environmental damage and pollution is environmental impact assessment, and because environmental impact assessment is one of the instruments in granting environmental license, Article (41) mandates to regulate environmental license in the form of Government Regulation.

The aforementioned government regulation is Government Regulation Number 27 of 2012 concerning Environmental License. In this period, the decision on the environmental feasibility that is obtained through the following process of environmental impact assessment.

First, a business and/or activity plan estimated to have significant impacts on environmental components is required to have an environmental impact assessment. The provisions for the type of business and/or activity that is required to have an environmental impact assessment has been stipulated in the Regulation of Minister of Environment Number 05 of 2012, while the procedure for evaluation and license issue is regulated in the Regulation of Minister of Environment Number 08 of 2013 on Procedures for Evaluation and Examination of Environmental Documents as well as Issuance of Environmental License.

Second, the initiator submits a term of reference to the Audit Commission of Environmental Impact Assessment to be technically examined and audited in order to obtain an approval from the commission. The period for evaluating the term of reference until the issuance of letter of approval is at the latest 30 working days after it is declared complete administratively.

Third, after obtaining approval for the term of reference, the initiator submits the environmental impact assessment, environmental management plan and environmental monitoring plan to be evaluated by the Audit Commission of Environmental Impact Assessment to obtain the recommendation for environment feasibility or unfeasibility. The maximum period for evaluating until obtaining the recommendation is at the latest 75 working days.

Fourth, based on the recommendation from the Audit Commission of Environmental Impact Assessment, the initiator will obtain a letter of decision on the environmental feasibility and environmental license from the Minister, Governor or Regent/Mayor in accordance with their respective authority.

4. CONCLUSION

The history of environmental impact assessment in Indonesia began when Indonesia participated in the Conference on the Human Environment (UNCHE) in Stockholm in 1972. In 1973, the Government of Republic of Indonesia issued

an environmental development program as stipulated in the Decree of the People's Consultative Assembly Number IV of 1973 in the Broad Outlines of State Policy Chapter III Part B item (10). This became the origin of the birth of Environmental Law Number 4 of 1982 as the first law in Indonesia regulating the Basic Provisions of Environmental Management. The environmental law has changed twice until the present time, namely Law Number 23 of 1997 on Environmental Management and Law Number 32 of 2009 on Environmental Conservation and Management. The changes in Laws were followed by the changes in government regulations concerning environmental impact assessment. Government Regulation Number 29 of 1986 was replaced with Government Regulation Number 51 of 1993, then Government Regulation Number 27 of 1999 and current Government Regulation Number 27 of 2012 on Environmental License.

5. References

- Canter LW. 1996. Environmental impact assessment. Second edition. Inc. McGraw-Hill. New York.
- Death C. 2014. Mengelola pembangunan yang berkelanjutan (kemitraan, protes, dan kekuasaan Di KTT dunia). Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Decree of Head of Environmental Impact Management Agency Number 08 of 2000 on Community Involvement and information disclosure in the process of environmental impact assessment.
- Hadi SP. 2009. Aspek sosial AMDAL sejarah, teori dan metode. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Government Regulation No. 29 of 1986 on Environmental Impact Assessment.
- Government Regulation No. 51 of 1993 on Environmental Impact Assessment.
- Government Regulation No. 27 of 1999 on Environmental Impact Assessment.
- Government Regulation No. 27 of 2012 on Environmental License.
- Law No. 4 of 1982 on Basic Provisions for Environmental Management.
- Law No. 23 of 1997 on Environmental Management.
- Law No. 32 of 2009 on Environmental Conservation and Management.
- Regulation of Minister of Environment No. 16 of 2012 on Guidelines for the Making of Environmental Documents.
- Regulation of Minister of Environment No. 17 of 2012 concerning Guidelines for Community Involvement in the Process of Environmental Impact Assessment and Environmental License.
- Regulation of Minister of Environment Number 5 of 2012 concerning Types of Business and/or Activity Plans that Must Have Environmental Impact Assessment.

Regulation of Minister of Environment Number 08 of 2013 concerning Procedures of Evaluation and Audit of Environmental Documents and Issuance of Environmental License.

Zamorano. 2013. A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. *environmental impact assessment review* 43:9-20.

Teknologi alamiah penjamin kualitas kompos (studi kasus: kompos di Desa Tekelan, Kabupaten Semarang)

W. Oktiawan^{1*}, B. Zaman¹, Purwono²

¹Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Fakultas saintek, Institut Agama Islam Negeri Surakarta, Indonesia

Abstrak.

Limbah peternakan sapi di Desa Tekelan terdiri dari limbah padat, semi padat (*slurry*) dan limbah cair. Masyarakat memanfaatkan limbah padat untuk membuat kompos secara tradisional. Tujuan penelitian ini yaitu pengujian indeks perkecambahan sebagai indikator kematangan kompos. Teknologi alamiah (fitotoksitas) dapat digunakan untuk menjamin kualitas kompos. Teknologi ini bersifat sederhana, tidak memerlukan peralatan utama, biaya perawatan minimal, sampel yang diperlukan sedikit, tidak mengenal musim, benih mudah dibeli dimana-mana, benih bertahan lama, dan waktu perkecambahan cepat. Metode penentuan kematangan dan kestabilan kompos menggunakan uji indeks perkecambahan yang didasarkan pada nilai *Germination Index* (GI). Biji kacang hijau (*Vigna Radiata*) ditaburkan pada kapas yang dibasahi dengan ekstrak kompos. GI dihitung berdasarkan nilai perkecambahan relatif (G) dan panjang akar relatif (L). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai GI kotoran sapi segar sangat rendah hanya sebesar 47, sedangkan kompos yang berumur seminggu memiliki nilai GI sebesar 58. Kompos kotoran ayam menghasilkan nilai GI 74. Ketiga kompos ini mengindikasikan bahwa kompos belum matang dan stabil (GI<80). Nilai GI kompos dengan waktu komposting 2, 3, dan 4 minggu >80 yang mengindikasikan bahwa kompos telah matang dan stabil.

Kata kunci: germination index, teknologi alamiah, kompos matang, limbah peternakan

Abstract.

Cattle farm waste in Tekelan Village consists of solid waste, semi-solid (slurry) and wastewater. People use solid waste to make compost traditionally. We evaluated the use of bioassay germination as an indicator of compost maturity. Natural technology (phytotechnology and ecotoxicology) can be used to ensure the quality of compost, where the technology is simple, requires no major equipment, minimal maintenance costs, little samples, no seasons, easy to buy seeds everywhere, long-lasting seeds, and fast germination time. Method of determining the maturity and stability of compost using germination index test was based on Germination Index (GI) value. Vigna Radiata seeds were sprinkled on cotton wetted with compost extract. GI was calculated based on relative germination value (G) and relative root length (L). The results showed that the GI value of fresh cow dung was very low (only 47), whereas the one-week old compost had a GI value of 58. The chicken manure compost yielded GI value of 74. The three composts indicated that the compost was immature and stable (GI<80). Composite GI value with composting time of 2, 3, and 4 week was >80 indicating that compost was mature and stable.

Keywords: Germination index, Livestock waste, Mature compost, Natural technology

1. PENDAHULUAN

Secara administratif, Desa Tekelan terletak di Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang. Desa ini terletak di lereng Gunung Merbabu, Provinsi Jawa Tengah. Petani sayur dan peternak sapi merupakan profesi yang dominan dilakukan oleh masyarakat desa tersebut. Masyarakat memanfaatkan limbah peternakan sapi untuk membuat kompos dengan cara ditumpuk dibagian belakang kandang. Masyarakat sering mengalami permasalahan kematian tanaman sayur akibat penggunaan kompos tersebut. Masyarakat memerlukan cara pengujian kompos yang tidak berbahaya terhadap tanaman mereka.

* Korespondensi Penulis
Email : purwono.ga@gmail.com

Menurut Tiquia *et al.* (1996), Brewer & Sullivan (2003) dan Cooperband *et al.* (2003), kompos yang belum matang dapat menyebabkan gangguan perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Efek ini terjadi karena kompos yang belum matang menyebabkan aktivitas mikroorganisme tinggi sehingga menghambat penyerapan nitrogen oleh tanaman (Zucconi *et al.* 1981). Kompos yang belum matang juga menimbulkan senyawa fitotoksik seperti logam berat (Tiquia *et al.* 1996). Senyawa fenolik (Wong 1985), etilena dan amonia (Tiquia *et al.* 1996), akumulasi garam (Tiquia *et al.* 1996), dan asam organik (Manios *et al.* 1989). Senyawa tersebut dapat menghambat pertumbuhan benih dan tanaman. Asam asetat merupakan senyawa yang paling berbahaya terhadap tanaman. Senyawa ini termasuk asam organik yang dihasilkan dari kompos yang belum matang (Ozores 1998).

Fitotoksisitas adalah salah satu kriteria yang penting untuk mengevaluasi kesesuaian kompos untuk keperluan tanaman dan menghindari dampak terhadap lingkungan. Tingkat stabilitas dan fitotoksisitas merupakan indikator kematangan kompos (Llewelyn 2005), yang menunjukkan hubungan antara kualitas kompos dan pertumbuhan tanaman. Aktivitas biologis aerobik didasarkan pada stabilitas kompos yaitu hubungan antara kualitas kompos dan aktivitas biologis di dalam kompos (Mangkoedihardjo 2016, Llewelyn 2005).

Tingkat kematangan kompos dapat diuji di laboratorium dengan cara analisa parameter fisik, kimia dan biologi, termasuk aktifitas mikrobiologi (Cesaro 2015). Parameter fisika meliputi bau, warna, suhu, ukuran partikel dan bahan inert. Parameter kimia meliputi analisis karbon dan nutrien (rasio C/N padatan dan ekstrak), kapasitas tukar kation (CEC, CEC/*total organic-C ratio*), *water-soluble extract* (pH, EC, C-Organik, ion-ion), mineral nitrogen (NH₄-N, NH₄-N/NO₃-N ratio), polutan (logam berat dan bahan organik), kualitas bahan organik (komposisi bahan organik: lignin, karbohidrat, lemak, gula), dan humifikasi. Parameter biologi antara lain indikator aktivitas mikroba, fitotoksisitas (perkecambahan dan uji pertumbuhan tanaman), uji patogen dan ekotoksisitas (Bernal 2009).

Menurut Priac (2017) uji fitotoksisitas salah satunya adalah indeks perkecambahan (*germination index/GI*). Semakin besar nilai GI merupakan indikasi penurunan fitotoksisitas dan dengan demikian produk/kompos jadi lebih matang (Zucconi dan de Bertoldi 1987) dan stabil. Indeks perkecambahan memiliki banyak kelebihan antara lain: tidak memerlukan peralatan utama, biaya perawatan minimal, sampel yang diperlukan sedikit (misalnya air, efluen, tanah, sedimen), tidak mengenal musim, benih bisa dengan mudah dibeli dimana-mana, benih tetap bertahan lama, dan perkecambahan cepat. Uji perkecambahan digunakan untuk menguji salinitas, patogen tanah, zat beracun dan beberapa sifat fisik dan kimia kompos lainnya (Zucconi dan de Bertoldi 1987, Gajdos 1997), yang bisa menjadi penyebab utama dari fitotoksisitas.

Berdasarkan hal tersebut, kompos yang digunakan oleh masyarakat Desa Tekelan, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang perlu dilakukan penelitian. Masyarakat diharapkan dapat melakukan uji toksisitas secara mandiri. Tujuan penelitian ini yaitu pengujian index perkecambahan sebagai indikator kematangan kompos yang dihasilkan masyarakat Desa Tekelan, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang, Indonesia.

2. METODOLOGI

Sampel kompos yang digunakan untuk uji germination index berasal dari Desa Tekelan, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang, Indonesia dengan koordinat 7°25'50.03"S dan 110°26'17.22"T. Sampel yang diuji dari tumpukan kompos dengan kode A (0 hari/fresh), B (7 hari), C (14 hari), D (21 hari), F (substrat kotoran ayam), dan G (substrat pupuk kandang yang siap dipakai petani). Sampel di ekstraksi menggunakan air dengan perbandingan padatan : air adalah 1:10 gr/l. Campuran kompos dikocok dan diputar dengan jar test selama 30 menit, kemudian disaring dengan kertas saring. Uji perkecambahan masing-masing menggunakan 10 biji kacang hijau (*Vigna radiata*) ke dalam media cawan petri yang berisi 10 ml ekstrak kompos dan diinkubasi di tempat gelap selama 72 jam (3 hari). Kontrol dilakukan dengan cara yang sama dengan mengganti 10 ml ekstrak kompos diganti dengan 10 ml air suling. Perkecambahan biji relatif dan panjang akar relatif dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$\text{Perkecambahan biji relatif (G\%)} = \frac{\text{jumlah biji yang berkecambah normal}}{\text{jumlah biji yang berkecambah normal pada kontrol}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Panjang akar relatif (I\%)} = \frac{\text{rata-rata panjang akar pada tanaman}}{\text{rata-rata panjang akar pada tanaman pada kontrol}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks Perkecambahan (GI)} = \frac{\text{Perkecambahan biji relatif (G\%)} \times \text{Panjang akar relatif (I\%)}}{100} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kontrol air

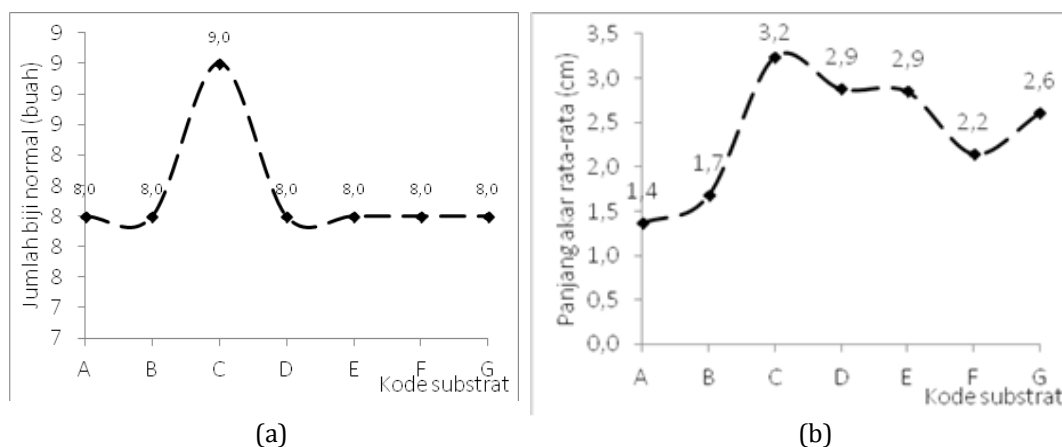
Para petani di Desa Tekelan tidak memiliki air suling yang digunakan untuk kontrol uji perkecambahan/germination index (GI). Secara teknis, masyarakat seharusnya mendapat bahan pengujian dengan mudah dan tersedia dalam jumlah banyak. Pada penelitian ini, air suling diganti menggunakan air tanah sebagai substrat kontrol uji perkecambahan. Pengujian dilakukan menggunakan biji kacang hijau (*Vigna radiata*) dengan jumlah 10 buah. Perkecambahan biji dikatakan normal jika menunjukkan potensi untuk terus berkembang menjadi tanaman yang lengkap meliputi akar, hipokotil, kotiledon, epikotil, dan daun (International Seed Testing Association 1999). Hasil penelitian menunjukkan

bahwa perkecambahan biji dan panjang akar tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara substrat kontrol air suling dan air tanah. Jumlah biji yang berkecambah pada substrat air suling dan substrat air tanah sama yaitu masing-masing sebanyak 9 buah, sedangkan panjang akar rata-rata 2,15 cm dan 2,16 cm.

Berdasarkan studi lapangan, kondisi eksisting di Desa Tekelan, air tanah berasal dari mata air di bawah lereng Gunung Merbabu. Hal ini menunjukkan bahwa air tanah tersebut dapat digunakan sebagai pengganti air suling dan untuk pengujian kompos.

3.2. Perkecambahan biji

Hasil pengujian panjang akar rata-rata (cm) dan data perkecambahan (jumlah biji kacang hijau yang tumbuh normal) dengan menggunakan substrat kompos yang berbeda-beda ditunjukkan pada **Gambar 1**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah rata-rata biji kacang hijau (*V. radiatta*) normal yang paling banyak dihasilkan dari substrat kompos C (substrat kompos berumur sekitar 2 minggu) sebanyak 9 buah. Jenis substrat kompos lainnya menghasilkan jumlah biji normal 8 buah.



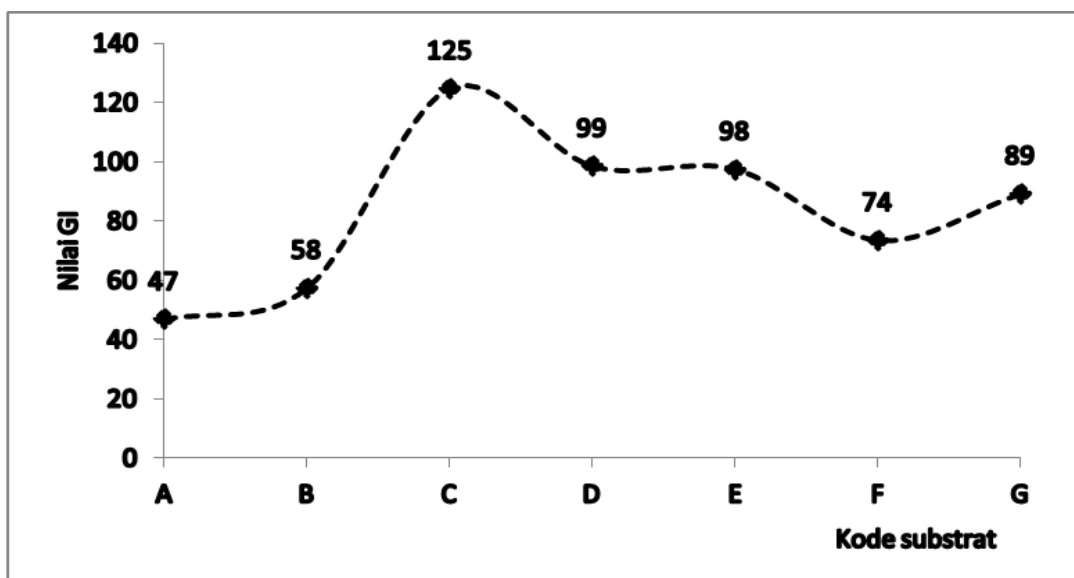
Gambar 1. (a) jumlah biji kacang hijau yang tumbuh normal (buah) dengan menggunakan substrat kompos yang berbeda dan (b) panjang akar rata-rata (cm). Kode A merupakan substrat kotoran sapi *fresh*. Kode B merupakan substrat kompos yang berumur sekitar 1 minggu. Kode C, D, dan E merupakan substrat kompos masing-masing berumur sekitar 2, 3, dan 4 minggu. Kode F (substrat kotoran ayam), dan G (substrat pupuk kandang yang siap dipakai petani).

Perbedaan ini mengindikasikan adanya penghambat perkecambahan pada masing-masing substrat. Senyawa phytotoxic seperti senyawa fenol, etilen dan amonia, dan asam organik dapat menghambat perkecambahan biji kacang hijau (Selim 2012). Substrat kompos C (substrat kompos berumur sekitar 2 minggu) menghasilkan panjang akar rata-rata 3,2 cm. Substrat dari kompos kotoran ayam (kode F) yang siap digunakan petani sebagai pupuk tanaman menghasilkan panjang akar rata-rata 2,2 cm. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan substrat pupuk jenis lain yang siap digunakan petani. Pada akhir tes

perkecambahan, bibit yang tidak berkecambah dikatakan sebagai bibit yang mati, bibit yang tidak tumbuh dan bibit yang mengeras (International Seed Testing Association 1999).

3.3. Uji perkecambahan/*germination index* (GI)

Tujuan uji perkecambahan untuk menentukan sampel kompos sudah matang dan stabil. Nilai GI ekstrak kompos yang berbeda ditunjukkan pada **Gambar 2**. Substrat kotoran sapi fresh (A) hanya menghasilkan nilai GI 47% yang mengindikasikan bahwa kompos belum matang. Menurut Selim (2012), kompos dianggap matang apabila nilai GI lebih tinggi dari 80% dibandingkan dengan kontrol. Kompos yang belum matang dihasilkan dari substrat B dan substrat F dengan nilai GI masing-masing 58 dan 74. Berdasarkan penelitian ini, kompos kotoran ayam yang akan digunakan langsung untuk pemupukan tanaman ternyata belum matang dan stabil. Menurut Tiquia *et al.* (1996), Brewer dan Sullivan (2003) dan Cooperband *et al.* (2003), kompos yang belum matang dan stabil dapat menyebabkan gangguan perkecambahan dan pertumbuhan tanaman.



Gambar 2. Nilai GI ekstrak dari kompos yang berbeda-beda.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Secara teknis, air tanah di Desa Tekelan dapat digunakan sebagai kontrol uji germination menggunakan kacang hijau (*Vigna radiatta*). Kompos yang belum matang dihasilkan dari substrat kotoran sapi *fresh*, kompos yang berumur sekitar 1 minggu, dan kompos kotoran ayam. Kompos yang berumur sekitar 2, 3, dan 4 minggu termasuk kategori sudah matang dengan GI >80. Penelitian lebih lanjut akan lebih menarik dengan memastikan masyarakat Desa Tekelan dapat mengaplikasikan uji ini terhadap pupuk tanaman lainnya. Upaya validasi

lapangan tentang kualitas kompos yang berumur sekitar 2, 3, dan 4 mingguan perlu diaplikasikan dalam skala lapangan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DRPM Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan DIKTI atas pendanaan Program Pengabdian Masyarakat Nomor: 007/SP2H/PPM/DRPM/V/2017.

6. Daftar Pustaka

- Bernal MP, Alburquerque JA and Moral R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100(22):5444–5453.
- Brewer LJ and Sullivan DM. 2003. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost Science and Utilization* 11(2):96-112.
- Cesaro A, Belgiorio V, and Guida M. 2015. Compost from organic solid waste: quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resources, Conservation and Recycling* 94:72–79.
- Cooperband, LR, Stone AG, Fryda MR and Ravet JL. 2003. Relating compost measures of stability and maturity to plant growth. *Compost Science and Utilization* 11(2):113-124.
- Gajdos R. 1997. Effects of two composts and seven commercial cultivation media on germination and yield. *Compost Science & Utilization* 5(1):16–37.
- International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing. *Seed Science Technology* 27:333.
- Llewelyn RH. 2005. Development of standard laboratory based test to measure compost stability. The Waste & Resources Action Programme. The Old Academy. United Kingdom.
- Mangkoedihardjo S. 2016. Revaluation of maturity and stability indices for compost. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 10(3):83-85.
- Manios VI, Tsikalas PE and Siminis HI. 1989. Phytotoxicity of olive tree in relation to organic acid concentration. *Biological Waste* 27(4):307-317.
- Ozores HM. 1998. Compost as an alternative weeds control method. *Horticultural Science*, 33(6):938-940.
- Priac A, Pierre-Marie B, and Gre GC. 2017. Treated wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa*: Focus on germination and root elongation test parameters. *Comtest Rendus Biologies* 340(2017):188–194
- Selim S M, Zayed MS and Atta HM. 2012. Evaluation of phytotoxicity of compost during composting process. *Nature and Science* 10(2):469-475.
- Tiquia SM, Tam NFY and Hodgkiss IJ. 1996. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environmental Pollution* 93(3):249–56.

- Wong MH. 1985. Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environmental Pollution* 37(2):159-174.
- Zuconni F, Forte M, Monaco A and de Bertoldi M. 1981. Biological evaluation of compost maturity. *BioCycle* 22(2):27-29.
- Zuconni F and de Bertoldi M. 1987. Compost specification for the production and characterization of compost from municipal solid waste. Elsevier *Applied Science* 6(4):30-50.

Studi kapasitas beban pencemaran sungai berdasarkan parameter organik (BOD, COD dan TSS) di Batang Lembang Kota Solok, Provinsi Sumatera Barat

A. Azhar¹, I. Dewata^{2*}

¹Peneliti Fungsional, Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Sumbar, West Sumatera, Indonesia

²Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan, UNP, Padang, West Sumatera, Indonesia

Abstrak.

Kota Solok merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Sumatera Barat yang dialiri oleh sungai yang bernama sungai Batang Lembang. Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya penggunaan sungai Batang Lembang berdampak pada daya dukung lingkungan sungai. Untuk dapat menjaga kualitas air sungai diperlukan kajian daya tampung air sungai. Lokasi penelitian ini adalah air Sungai Batang Lembang segmen Kota Solok yang melintasi Kecamatan Lubuk Sikarah dan Kecamatan Tanjung Harapan, sedangkan parameter kunci pencemaran air ialah TSS, BOD, dan COD. Parameter kualitas air Sungai Batang Lembang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengendalian Kualitas air dan Pengelolaan Pencemaran Air. Penetapan daya tampung beban pencemaran mengaplikasikan Qual2Kw. Hasil penelitian daya tampung terhadap beban pencemaran Sungai Batang Lembang Sungai kota Solok untuk parameter TSS beban maksimum harus dikurangi sebesar 28,490.00 kg/hari dan minimum 1,425.60 Kg/hari, BOD sebesar 336.96 Kg/hari dan minimum 77.76 Kg/hari dan COD sebesar 16,264.80 Kg/hari dan minimum 3,039.12 Kg/hari agar kualitas air sungai dapat terjaga dengan baik. Selanjutnya diperlukan pembatasan izin serta kebijakan oleh pemerintah pada beberapa ruas tertentu agar mutu dan kualitas sungai dapat dipertahankan.

Abstract.

Solok city is one of the city in West Sumatera Province flowed by river Batang Lembang. Population growth and increasing use of river will affect the environmental carrying capacity of river, in order to maintain quality of river water it is necessary to study carrying capacity of the river. The location of this research is Batang Lembang water segment that crosses Solok District of Lubuk Sikarah and Tanjung Harapan, while the key parameters of water pollution are TSS, BOD and COD. Water quality parameter of Batang Lembang River refers to Government Regulation Number 82 Year 2001 regarding Water Quality Control and Water Pollution Management. Determination of the pollution load capacity refers to Qual2Kw. The results of pollution load capacity of Batang Lembang River Solok were TSS load should be reduced by 28,490.00 kg/day (maximum) and 1,425.60 kg/day (minimum), BOD of 336.96 Kg/day (maximum) and 77.76 Kg/day (minimum), and COD of 16,264.80 kg/day (maximum) and 3,039.12 Kg/day (minimum) in order to maintain water quality. Furthermore necessary restrictions on permissions and policies by the government on certain stretches of river should be implemented so that the quality can be maintained.

Keywords: water quality assessment

Kata kunci: penilaian kualitas air

1. PENDAHULUAN

Kota Solok merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Sumatera Barat yang di aliri oleh Sungai Batang Lembang. Sungai ini mengalir di 2 (dua) wilayah kecamatan, yaitu (1) Kecamatan Lubuk Sikarah dan (2) Kecamatan Tanjung Harapan. Di Kecamatan Lubuk Sikarah terdapat 6 (enam) kelurahan yang dialiri Sungai Batang Lembang, yakni (1) Kelurahan Aro IV Korong, (2) IX Korong, (3) KTK, (4) Sinapa Piliang, (5) Tanah Garam, dan (6) VI Suku. Kelurahan yang dialiri Sungai Batang Lembang di wilayah Kecamatan Tanjung Harapan sebanyak 3 (tiga) kelurahan yakni (1) Kelurahan Kampung Jawa, (2)

* Korespondensi Penulis
Email : i_dewata@yahoo.com

Koto Panjang dan (3) Nan Balimo. Dengan demikian, terdapat 9 (sembilan) kelurahan yang dialiri Sungai Batang Lembang segmen Kota Solok.

Sungai Batang Lembang mendapat tekanan cukup tinggi, baik oleh kegiatan domestik, industri, pertanian maupun aktivitas lainnya seperti peningkatan jumlah penduduk. Dampak yang berasal dari aktivitas manusia sangat dominan mempengaruhi kualitas Sungai Batang Lembang. Keadaan yang demikian sudah barang tentu akan berdampak pada daya dukung lingkungan, khususnya Sungai Batang Lembang dalam hal daya tampung terhadap beban pencemarannya. Untuk menjaga kualitas air Sungai Batang Lembang agar tidak mengalami penurunan pada masa mendatang, diperlukan sebuah penelitian kualitas air sungai pada kondisi eksisting. Penelitian kualitas air sungai yang dimaksud adalah penentuan kapasitas daya tampung dalam menerima limbah cair yang masuk.

1.1. Parameter kunci pencemaran air

Parameter kualitas air sungai yang diteliti ialah *Total Suspended Solid* (TSS), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap. Padatan tersuspensi akan dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air, sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen dan fotosintesis (Kristanto 2002).

BOD merupakan salah satu parameter indikator pencemar di dalam air yang disebabkan oleh limbah organik. BOD adalah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik oleh mikroorganisme aerobik sehingga menjadi bentuk anorganik yang stabil. Keberadaannya di lingkungan sangat ditentukan oleh limbah organik, baik yang berasal dari limbah rumah tangga maupun limbah industri. Rumah tangga dan industri adalah sumber utama limbah organik dan merupakan penyebab utama tingginya BOD (Bapedal 2002).

COD merupakan salah satu parameter indikator pencemar di dalam air yang disebabkan oleh limbah organik. COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air dengan menggunakan oksidator kalium dikromat. Keberadaan COD di lingkungan sangat ditentukan oleh limbah organik, baik yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri (Bapedal 2002).

1.2. Daya tampung beban pencemaran

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 110 Tahun 2003 bahwa daya tampung beban pencemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Beban pencemaran ialah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah yang dinyatakan dalam satuan massa per

waktu. Daya tampung adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi dan atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya. (Soemarwoto 1997). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran sungai adalah dengan metode Qual2Kw. Metode ini merupakan pengembangan dari Qual2 oleh *United States Environmental Protection Agency* (US EPA). Pengembangan metode Qual2 adalah Qual2E dan revisi yang terakhirnya Qual2Kw. Metode ini dapat mensimulasikan atau memprediksi perubahan kualitas sungai dari daerah hulu sampai hilir jika aliran limbah cair dikurangi ataupun ditambah. Dengan demikian dapat mengetahui daya tampung beban pencemaran sungai sesuai dengan kriteria baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan (Sabar 2009).

2. METODOLOGI

2.1. Jenis penelitian

Penelitian bersifat dekriptif kualitatif yang menggambarkan kondisi perubahan kualitas air Sungai Batang Lembang dari daerah hulu (*upstream*) sampai hilir (*downstream*) pada kondisi eksisting/saat ini.

2.2. Lokasi dan sampel

2.2.1. Lokasi

Lokasi dari penelitian ini adalah air Sungai Batang Lembang segmen Kota Solok yang melintasi Kecamatan Lubuk Sikarah dan Kecamatan Tanjung Harapan.

2.2.2. Sampel

Lokasi pengambilan sampel penelitian ini pada perwakilan penggunaan lahan yang berada di sepanjang sungai Batang Lembang sebanyak 15 lokasi (**Tabel 1**). Lokasi pengambilan sampel dilakukan secara duplo menggunakan Aplikasi *Geographical Information System* (GIS) dan alat *Global Positioning System* (GPS). Lokasi pengambilan sampel dibagi atas beberapa ruas yang menggambarkan jarak pengambilan sampel dari hulu ke hilir. Parameter penentuan kualitas air sungai Batang Lembang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 seperti yang tertera pada **Tabel 2**.

Teknik pengambilan sampel yang dipilih adalah *grab sampling*, pengambilan sampel dilakukan sebanyak satu kali untuk tiap titik sampling, dengan ketentuan sampel diambil pada jarak $+ 1/3$ dan $2/3$ lebar sungai pada kedalaman $+ 1/2$ meter dari permukaan air sungai (Syahrul 2006).

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel air sungai Batang Lembang, Kota Solok.

No	Lokasi	Penggunaan Lahan	Titik Koordinat
1	Kelurahan Aro IV Korong, Kecamatan Lubuk Sikarah	Pertanian lahan basah berupa sawah dan lahan kering berupa kebun palawija dan hortikultura	LS 00°16'15,271" BT 100°36'23,422"
2.	Kelurahan IX Korong, Kecamatan Lubuk Sikarah Kota Solok.	pertanian lahan basah dan pemukiman.	LS 00°15'2,251" BT 100°36'59,444"
3.	Kelurahan Kampai Tugu Karambia, Kecamatan Lubuk Sikarah Kota Solok	Pemukiman, industri rumah tangga dan pertanian lahan basah dan lahan kering.	LS 00°13'54,498" BT 100°37'43,25"
4.	Kelurahan Sinapa Piliang, Kecamatan Lubuk Sikarah Kota Solok.	Pertanian lahan basah dan lahan kering berupa palawija dan hortikultura.	LS 00°12'53,705" BT 100°38'51,828"
5.	Kelurahan Tanah Garam, Kecamatan Lubuk Sikarah, Kota Solok	Pemukiman, pertanian lahan basah dan lahan kering berupa palawija dan hortikultura	LS 00°12'25,454" BT 100°40'6,05"
6.	Kelurahan VI Suku, Kecamatan Lubuk Sikarah, Kota Solok	Pertanian lahan basah dan lahan kering berupa palawija dan hortikultura.	LS 00°11'50,684" BT 100°40'39,194"
7	Kelurahan Kampung Jawa, Kecamatan Tanjung Harapan Kota Solok.	Pemukiman dan pertanian lahan basah dan lahan kering.	LS 00°47'11,6" BT 100°39'11,6"
8	Kelurahan Koto Panjang, Kecamatan Tanjung Harapan, Kota Solok	Pemukiman dan pertanian lahan basah dan lahan kering.	LS 00°47'31,2" BT 100°39'22,4"
9	Kelurahan Nan Balimo, Kecamatan Tanjung Harapan, Kota Solok.	Pemukiman dan pertanian lahan basah dan lahan kering	LS 00°46'12,2" BT 100°39'11,3"

Tabel 2. Parameter kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82/2001.

No	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1	TSS	mg/L	Gravimetrik	06-6989.3-2004
2	BOD	mg/L	Inkubasi, Titrimetrik	6989.72:2009
3	COD	mg/L	Reflux	6989.2:2009

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian kajian kualitas air dan penetapan daya tampung Sungai Batang Lembang diantaranya ialah:

- Data kualitas air Sungai Batang Lembang yang diperoleh dari hasil pemantauan dari pemerintah daerah Kota Solok;
- Jumlah masyarakat yang berada di sepanjang daerah aliran sungai (DAS) Batang Lembang yang diperoleh dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Solok dan data dari SLHD Kota Solok;

- Penggunaan lahan di sepanjang DAS Batang Lembang. Data ini diperoleh dari RTRW Kota Solok dan data dari Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kota Solok;
- Batas administrasi mencakup wilayah yang dilalui oleh Sungai Batang Lembang;
- Kegiatan masyarakat di sepanjang aliran sungai yang menghasilkan limbah cair baik yang bersifat *point source* dan *non-point source*. Data ini diperoleh dari hasil survey lapangan.

Data primer yang dibutuhkan dalam kajian kualitas air dan penetapan daya tampung Sungai Batang Lembang ini, yaitu:

- Debit air sungai
- Temperatur udara
- Elevasi dan koordinat titik pengambilan sampel
- Lebar sungai
- Data kualitas air Sungai Batang Lembang
- Data Terkait Sumber Pencemar

Perolehan data sumber pencemar dilakukan menggunakan metode *Focus Group Discussion* (FGD). Kegiatan ini dilakukan di masing-masing kecamatan yang dialiri Sungai Batang Lembang.

2.4. Teknik Analisis Data

Analisis data terhadap kualitas air Sungai Batang Lembang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengendalian Kualitas air dan Pengelolaan Pencemaran Air. Peraturan ini digunakan untuk membandingkan kualitas sungai berdasarkan hasil uji laboratorium dengan baku mutu lingkungan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.

Penetapan daya tampung beban pencemaran Sungai Batang Lembang berpijak pada hasil analisis kualitas air Sungai Batang Lembang. Daya tampung sungai ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 yaitu dengan menggunakan aplikasi Qual2Kw.

Data Sumber Pencemar yang diperoleh dari hasil FGD berupa data kualitatif yang memuat tentang (1) aktivitas masyarakat yang menimbulkan terjadi pencemaran Sungai Batang Lembang dan (2) alternatif solusi yang diusulkan akan dianalisis dengan menggunakan teknik analisis data kualitatif yang merujuk pada Metode Spradley, yaitu:

- Pengumpulan data
- Reduksi Data
- Penyajian Data
- Penarikan kesimpulan secara induktif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Secara geografis, Kota Solok terletak antara $00^{\circ}44'28''$ - $00^{\circ}49'12''$ LS dan $100^{\circ}32'42''$ - $100^{\circ}41'42''$ BT. Luas Kota Solok adalah 5764 Ha atau 57,64 km² yang terdiri atas 2 (dua) kecamatan, yaitu (1) Kecamatan Lubuk Sikarah dan (2) Kecamatan Tanjung Harapan. Luas wilayah Kecamatan ialah 3500 Ha dengan 7 (tujuh) kelurahan dan Kecamatan Tanjung Harapan seluas 2264 Ha dengan 6 (enam) kelurahan (BPS 2013).

Kota Solok berada pada ketinggian 390 meter di atas permukaan laut (mdpl). Kota Solok memiliki topografi berupa dataran dan perbukitan. Adapun daerah datar dengan kelerengan 0-2% seluas 784,51 Ha (13,61%) yang tersebar di pusat kota dan daerah datar dengan kelerengan 2-8% seluas 1.875,38 Ha (32,54%) yang tersebar di bagian Selatan dan utara kota. Daerah datar tersebut potensial untuk kawasan permukiman dan budidaya lainnya (BPS 2013).

Sungai-sungai utama yang terdapat di Kota Solok adalah Batang Lembang, Batang Gawan, dan Batang Air Binguang. Sungai-sungai tersebut memiliki batas hidrologi yang mencakup wilayah Kota Solok dan Kabupaten Solok. Tentang spesifikasi ke 3 (tiga) sungai ini, disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nama dan panjang sungai di Kota Solok.

No	Sungai Utama	Panjang (m)	Lebar (m)		Kedalaman (m)	Debit (m ³ /dtk)	
			Permukaan	Dasar		Maks	Min
1	Batang Lembang	9155	30	25	6	179,85	7,50
2	Batang Gawan	3125	12	8	5	73,50	0,35
3	Batang Binguang	2650	5	3	4	14,40	-

Jumlah penduduk Kota Solok mengalami kenaikan dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 2,13%. Pada tahun 2013 jumlah penduduk terbanyak terdapat di Kelurahan Tanah Garam Kecamatan Lubuk Sikarah sebanyak 12.799 jiwa, sedangkan yang terkecil terdapat di Kelurahan Laing Kecamatan Tanjung Harapan yaitu sebanyak 1.146 jiwa.

Hasil penelitian berupa identifikasi terhadap Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Lembang diperoleh bahwa sumber kegiatan yang berpotensi sebagai sumber pencemar pada umumnya berasal dari limbah pemukiman penduduk, aktivitas ekonomi di sektor pertanian, industri seperti pabrik tahu, rumah makan, usaha katering, bengkel, pencucian mobil/motor, peternakan ayam, dan galian C serta pasar tradisional. Identifikasi kegiatan yang menjadi sumber pencemar Sungai Batang Lembang dikelompokkan menjadi 3 (tiga) daerah yaitu kawasan hulu, tengah dan hilir. Daerah hulu berada di Kecamatan Tanjung

Harapan yakni pada Kelurahan Nan Balimo. Daerah tengah berada pada Kelurahan VI Suku, Kecamatan Lubuk Sikarah, sedangkan daerah hilir berada di Kelurahan Aro IV Korong, Kecamatan Lubuk Sikarah. Identifikasi pencemar diperoleh melalui observasi dan FGD serta studi literatur berdasarkan pola Penggunaan lahan pada wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS). Identifikasi ini, menunjukkan penyebaran tata guna lahan yang ada pada kawasan.

Daerah hulu Sungai Batang Lembang sesuai dengan pola penggunaan lahan dan struktur dan karakteristik demografi, maka dapat diidentifikasi bahwa sumber pencemar yang tertinggi pada kawasan ini adalah (1) aktivitas ekonomi masyarakat di sektor pertanian, berupa sawah, (2) ladang campuran dan (3) aktivitas sektor peternakan berupa peternakan ayam serta (4) kegiatan masyarakat di perkebunan campuran.

Daerah tengah Sungai Batang Lembang sesuai dengan pola penggunaan lahan dan struktur dan karakteristik demografi, maka dapat diidentifikasi bahwa sumber pencemar yang tertinggi pada kawasan ini adalah (1) aktivitas rumah tangga/limbah domestik (2) pasar, rumah potong hewan, industri (3) sektor pertanian Sawah.

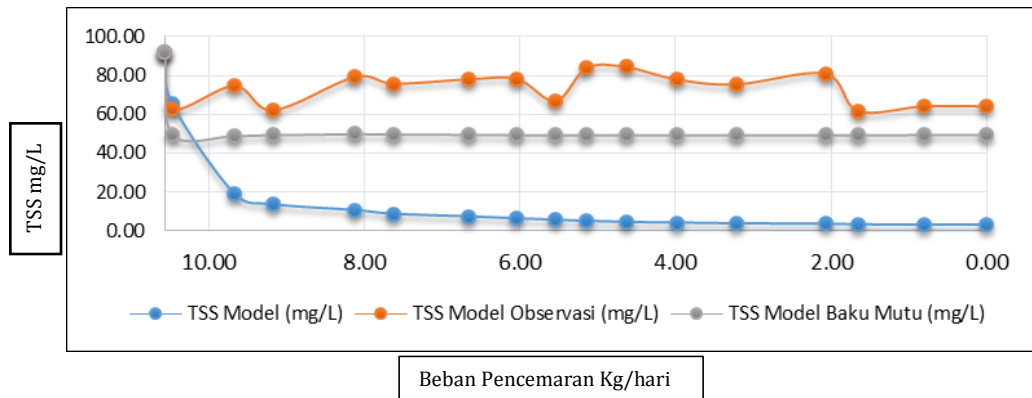
Daerah hilir Sungai Batang Lembang sesuai dengan pola penggunaan lahan dan struktur dan karakteristik demografi, maka dapat diidentifikasi bahwa sumber pencemar yang tertinggi pada kawasan ini adalah (1) aktivitas ekonomi di sektor pertanian berupa Sawah, (2) aktivitas rumah tangga berupa limbah (3) kegiatan masyarakat di perkebunan campuran. Hasil identifikasi sumber pencemaran berdasarkan daerah hulu dan tengah.

3.2. Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Batang Lembang

3.2.1. Parameter TSS

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai Batang Lembang segmen Kota Solok terhadap parameter TSS, dapat dilihat pada grafik berikut (**Gambar 1**). Hasil penelitian dengan menggunakan metode Qual2Kw dalam hal pemodelan parameter dapat dibaca pada **Gambar1**, untuk TSS Model air sungai akan mengalami proses *self purification*, karena tanpa ada sumber pencemar, air sungai dapat terdegradasi atau terurai secara sendirinya, sedangkan pada TSS Model observasi, secara keseluruhan melampaui TSS Model Baku Mutu TSS Kelas II sesuai PP. 82 Tahun 2001 yakni sebesar 50 mg/L. Dilihat dari grafik TSS pada ruas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15 (digambarkan dengan titik pada grafik) harus dikurangi beban pencemarannya sebesar 5.832,00 Kg/hari (ruas 1), 2.527,20 Kg/hari (ruas 2), 11.437,20 Kg/hari (ruas 4), 1.425,60 Kg/hari (ruas 5), 5.378,40 Kg/hari (ruas 6), 4.082,40 Kg/hari (ruas 7), 23.490,00 Kg/hari (ruas 9), 5.248,80 Kg/hari (ruas 10), 12.979,44 Kg/hari (ruas 13) dan 6.486,48 Kg/hari (ruas 15); Hal ini karena adanya (1) aktivitas ekonomi masyarakat di sektor pertanian, berupa sawah yang langsung berdekatan dengan sungai

Batang Lembang yang bisa mengakibatkan terjadinya erosi, (2) aktivitas sektor peternakan berupa peternakan ayam, yakni masyarakat langsung membuang sisa-sisa pakan ayam langsung ke sungai sehingga, bisa meningkatkan beban pencemaran TSS.

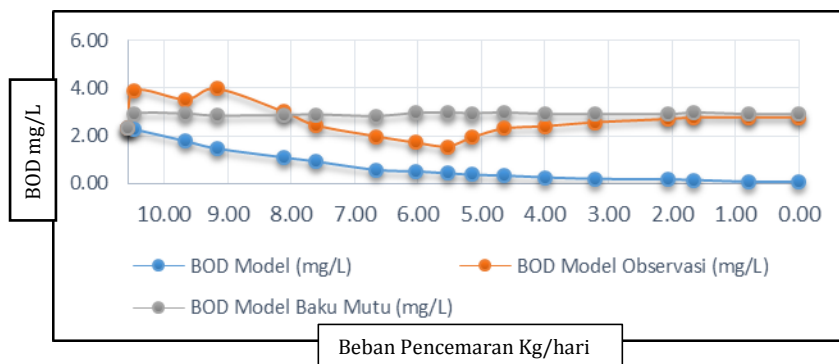


Gambar 1. Hasil Perhitungan Model Qual2Kw Parameter TSS.

Berdasarkan hasil penelitian ini jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian yang relevan dapat dilihat bahwa pada Sungai Batang Lembang segmen Kota Solok untuk TSS dipengaruhi oleh aktivitas ekonomi masyarakat di sektor pertanian berupa sawah yang langsung berdekatan dengan sungai yang bisa mengakibatkan terjadinya erosi, aktivitas peternakan ayam. Pada Sungai Metro dipengaruhi karena banyaknya alih fungsi lahan menjadi daerah terbangun/pemukiman disekitar aliran sungai, sehingga menyebabkan padatan – padatan tanah yang memasuki aliran sungai, melalui *run off* semakin meningkat (Azwar 2013), sedangkan pada Sungai Batang Hari dipengaruhi karena adanya aktivitas penambangan emas tanpa izin (PETI). Aktivitas PETI dilakukan dengan mengeruk atau menyedot sedimen di dasar sungai yang dapat menyebabkan meningkatnya kandungan TSS di perairan sungai (Zuchri 2011).

3.2.2. Parameter BOD

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai terhadap BOD dapat dilihat pada **Gambar 2**. Hasil penelitian dengan menggunakan metode Qual2Kw dalam hal pemodelan BOD dapat dibaca pada **Gambar 2**. Untuk BOD Model, air sungai mengalami proses *self purification*, karena tanpa ada sumber pencemar air sungai dapat terdegradasi atau terurai secara sendirinya, sedangkan pada BOD Model observasi pada ruas 1, 2, 3 dan 4 melampaui BOD Model Baku Mutu sebesar 3,90 mg/L > 2,91 mg/L (ruas 1), 3,53 mg/L > 2,92 mg/L (ruas 2), 3,98 mg/L > 2,84 mg/L (ruas 3) dan 3.01 mg/L > 2,86 mg/L (ruas 3).



Gambar 2. Hasil Perhitungan Model Qual2Kw Parameter BOD

Berdasarkan **Gambar 3** BOD pada ruas 1, 3, 9, 10, 11, 12, 13 dan ruas 15 harus dikurangi beban pencemarannya sebesar 453,60 Kg/hari (ruas 1), 336,96 Kg/hari (ruas 3), 324,00 Kg/hari (ruas 9), 324,00 Kg/hari (ruas 10), 129,60 Kg/hari (ruas 11), 194,40 Kg/hari (ruas 12), 207,36 Kg/hari (ruas 13) dan 77,76 Kg/hari (ruas 15)

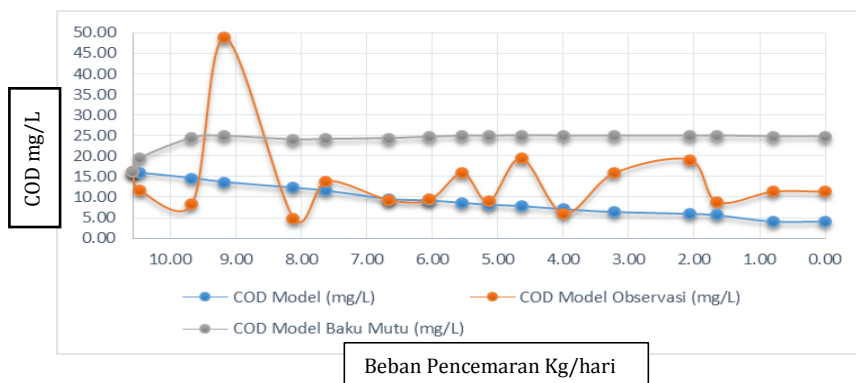
Hal ini disebabkan pada ruas ini sumber pencemar sangat tinggi seperti: (1) aktivitas rumah tangga/limbah domestik, industri (2) pasar, rumah potong hewan serta (3) sektor pertanian Sawah. Penelitian Zul (2011) pada sungai Batang Kuranji, beban pencemaran untuk BOD pada km 15,75 – km 9,75 (Sungai Limau Manis s/d Jembatan Kalumbuk) telah melebihi ambang batas daya tampung sebesar 299,5 kg/dtk dari target beban pencemaran sebesar 54,6 kg/dtk. Pada km 9,75 – km 6 (Jembatan Kalumbuk s/d Intake PDAM) dan km 6 – km 1,5 (Intake PDAM s/d Batang Guo) telah melebihi sebesar 557,80 kg/dtk dari total beban pencemaran yang ditargetkan sebesar 218,40 kg/dtk, sumber pencemar Sungai Batang Kuranji ini berasal dari limbah domestik tanpa adanya treatment, disamping itu juga disebabkan adanya aktifitas pertanian, pabrik tahu, perbengkelan dan pasar, sedangkan hasil pemantauan BOD di Sungai Metro Kota Malang oleh Azwar (2013), menunjukkan terjadinya peningkatan dari stasiun 1 ke stasiun 3. Nilai BOD pada stasiun 1 sebesar 4,7 mg/L, stasiun 2 sebesar 6,1 mg/L dan pada stasiun 3 sebesar 6,25 mg/L. Naiknya BOD dapat berasal dari bahan-bahan organik yang berasal dari limbah domestik dan pertanian.

Hasil penelitian ini jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian yang relevan dapat dilihat bahwa pada sungai Batang Lembang segmen Kota Solok untuk BOD dipengaruhi dengan adanya aktifitas rumah tangga/limbah domestik, industri, pasar, rumah potong hewan serta sektor pertanian Sawah. Naiknya BOD pada Sungai Metro dapat berasal dari bahan-bahan organik yang berasal dari limbah domestik dan pertanian (Azwar 2013), sedangkan pada sungai Batang Kuranji tingginya BOD berasal dari limbah domestik, disamping itu

juga disebabkan adanya aktifitas pertanian, pabrik tahu, perbengkelan dan pasar (Zul 2011).

3.2.3. Parameter COD

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran terhadap COD disampaikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hasil Perhitungan Model Qual2Kw Parameter BOD.

Hasil penelitian COD Model air sungai mengalami proses *self purification*, karena tanpa ada sumber pencemar air sungai dapat terdegradasi atau terurai secara sendirinya, sedangkan untuk COD Model observasi dari semua titik sampel tidak ada yang melampaui COD Model Baku Mutu, kecuali pada ruas 3 sebesar 48,81 mg/L > 24,87 mg/L (ruas 3).

Dilihat pada **Gambar 3** COD pada ruas 3, 5, 8, 10, 12, 13 dan ruas 15 harus dikurangi beban pencemarannya sebesar 16.264,80 Kg/hari (ruas 3), 3.888,00 Kg/hari (ruas 5), 4.879,44 Kg/hari (ruas 8), 12.214,80 Kg/hari (ruas 10), 13.504,32 Kg/hari (ruas 12), 4.451,76 Kg/hari (ruas 13) dan 3.039,12 Kg/hari (ruas 15).

Hal ini disebabkan masih banyak kawasan pertanian, perkebunan dan peternakan sehingga sumber pencemar yang banyak masuk ke sungai Batang Lembang berasal dari kimia organik. Air sungai Batang Lembang masih bisa menerima beban pencemaran, untuk COD pendekatannya lebih kepada kimia anorganik dan senyawa kimia anorganik ini banyak pada pembuangan limbah cair pada Perusahaan/Industri.

Dalam penelitian Zul Adri (2011), daya tampung beban pencemaran COD sungai Batang Kuranji untuk daerah hilir (*down stream*) parameter COD telah kelebihan beban pencemaran sebesar 413 kg/dtk dari target yang ditetapkan sebesar 2.470 kg/dtk. Hal ini disebabkan pada daerah ini ada masuk sumber pencemar seperti limbah bengkel, limbah permukiman dan limbah hotel, sedangkan hasil pemantauan COD di Sungai Metro Kota Malang, menunjukkan terjadinya peningkatan dari stasiun 1 ke stasiun 3. COD pada stasiun 1 sebesar

11,11 mg/L, pada stasiun 2 sebesar 15,97 mg/L dan pada stasiun 3 sebesar 17,56 mg/L. COD yang tinggi, mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi, peningkatan COD air Sungai Metro disebabkan oleh pembuangan limbah yang bersumber dari daerah terbangun/pemukiman dan daerah pertanian yang berada di sekitar sungai. (Azwar 2013).

Hasil penelitian ini jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian yang relevan dapat dilihat bahwa pada sungai Batang Lembang segmen Kota Solok untuk COD dipengaruhi dengan adanya pembuangan limbah cair pada perusahaan/industri. Naiknya COD pada sungai Batang Kuranji disebabkan pada daerah ini ada masuk sumber pencemar seperti limbah bengkel, limbah permukiman dan limbah hotel (Zul 2011), sedangkan peningkatan COD pada Sungai Metro disebabkan oleh pembuangan limbah yang bersumber dari daerah terbangun/permukiman dan daerah yang berada di sekitar sungai (Azwar 2013).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, mengenai daya tampung beban pencemaran Sungai Batang Lembang segmen Kota Solok dapat disimpulkan *Total Suspended Solid* (TSS) dari hulu sampai ke hilir pada ruas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15 harus dikurangi beban pencemarannya sebesar 5.832,00 Kg/hari (ruas 1), 2.527,20 Kg/hari (ruas 2), 11.437,20 Kg/hari (ruas 4), 1.425,60 Kg/hari (ruas 5), 5.378,40 Kg/hari (ruas 6), 4.082,40 Kg/hari (ruas 7), 23.490,00 Kg/hari (ruas 9), 5.248,80 Kg/hari (ruas 10), 12.979,44 Kg/hari (ruas 13) dan 6.486,48 Kg/hari (ruas 15).

Parameter BOD pada ruas 1, 3, 9, 10, 11, 12, 13 dan ruas 15 harus dikurangi beban pencemarannya sebesar 453,60 Kg/hari (ruas 1), 336,96 Kg/hari (ruas 3), 324,00 Kg/hari (ruas 9), 324,00 Kg/hari (ruas 10), 129,60 Kg/hari (ruas 11), 194,40 Kg/hari (ruas 12), 207,36 Kg/hari (ruas 13) dan 77,76 Kg/hari (ruas 15).

Parameter COD pada ruas 3, 5, 8, 10, 12, 13 dan ruas 15 harus dikurangi beban pencemarannya sebesar 16.264,80 Kg/hari (ruas 3), 3.888,00 Kg/hari (ruas 5), 4.879,44 Kg/hari (ruas 8), 12.214,80 Kg/hari (ruas 10), 13.504,32 Kg/hari (ruas 12), 4.451,76 Kg/hari (ruas 13) dan 3.039,12 Kg/hari (ruas 15).

Disarankan pada kawasan Kelurahan Nan Balimo, agar tidak terlalu dekat dengan badan sungai karena akan mengakibatkan erosi dan untuk sektor peternakan agar tidak membuang sisa makanan ke badan sungai. Disarankan pada kawasan VI suku dan Tanah Garan yang pemukimannya padat penduduk agar dibuatkan IPAL Komunal dan bagi industri agar mengolah limbahnya sebelum masuk ke badan sungai. Perlu penentuan daya tampung sungai secara berkala di setiap tahapan implementasi program pembangunan.

5. Daftar Pustaka

- Azwar A. 2013. Kajian kualitas air dan status mutu air sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang. *Jurnal Bumi Lestari* 13(2).
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2013. Sumatera Barat dalam angka. BPS Provinsi Sumatera Barat.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2013. Solok dalam angka. Badan Pusat Statitsitik (BPS) Kota Solok.
- [Bapedal] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2002. Analisis kualitas air dan limbah cair. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air.
- Kristanto P. 2002. *Ekologi industri*. ANDI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan dan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Sabar G. 2009. Daya tampung sungai Kampar. KNLH-PPLH Regional Sumatera
- Soemarwoto O. 1997. *Ekologi, lingkungan hidup dan pembangunan*. Djambatan. Jakarta.
- Syahrul J. 2006. Teknik pengambilan sampel dan penanganan sampel. KLH PPLH Regional Sumatera. Riau.
- Zuchri A. 2011. Kajian daya tampung beban pencemaran Sungai Batanghari pada Penggal Gasiang-Sungai Langkok Provinsi Sumatera Barat.
- Zul A. 2011. Kajian kualitas air dan daya tampung beban pencemaran sungai Batang Kuranji [Tesis]. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Negeri Padang. Padang.

Potensi sumber bakteri resisten antibiotik berdasarkan kondisi kualitas air dan penggunaan lahan di Sungai Code, Yogyakarta: suatu tinjauan metodologis

M. P. Hadi^{*1}, L. N. Fadlillah², M. Y. Widasmar³, W. I. Muziasari⁴, Subaryono¹

¹Pusat Studi Lingkungan Hidup, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi S3 Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³Program Studi Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

⁴Department of Food and Environmental Sciences, University of Helsinki, Finlandia

Abstrak.

Resistensi antibiotik merupakan ancaman utama terhadap kesehatan manusia. Penggunaan antibiotik tidak hanya dilakukan pada manusia, tetapi juga di bidang pertanian khususnya peternakan dan perikanan. Pengaturan penggunaan antibiotik pada peternakan dan perikanan tidak dapat dilakukan secara selektif, sehingga berpeluang terhadap terjadinya sebaran bakteri antibiotik ke alam bebas menjadi lebih masif. Bakteri ini dapat berubah dan mentransfer *antibiotic resistant gene* (ARG). Di Indonesia, data paparan ARG di alam bebas belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan, pada tulisan ini disajikan metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ARG, potensi sumber bakteri AR dan menganalisis parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap AR. Sungai Code merupakan sungai ideal dari hulu ke hilir, yang diduga perairannya belum terjadi kontaminasi. Penggunaan lahan di DAS Code antara lain pertanian, peternakan, perikanan, perkotaan. Terdapat beberapa rumah sakit yang berpotensi sebagai sumber bakteri ARG. Sampel air diambil pada 13 titik untuk diuji BOD dan Bakteri Coli. Hasil dari penelitian tersebut diharapkan dapat diketahuinya potensi penyumbang antibiotik terbesar pada lingkungan terhadap antibiotik berdasarkan kondisi kualitas air dan penggunaan lahan. Metode ini juga dapat digunakan untuk evaluasi pengelolaan lingkungan.

Kata kunci: kualitas air, lingkungan, pengelolaan limbah, resistensi antibiotik

Abstract.

Antibiotic resistance (AR) has become the major threat to human health. Using antibiotics drugs consistently for medication without knowing the exact regulation makes the bodies resistant toward antibiotic itself. The use of antibiotics not only for human, but it also use in agricultures and animals. The Regulation of using antibiotics nowadays only applied in human, whether using antibiotics for agricultural and animal farming has not been made. Hence, the spread of antibiotic resistant bacteria in environment is remarkable. This bacteria can transform and transfer the antibiotic resistant gene (ARG) to another bacteria. Based on this problem, WHO considered AR as the three greatest threats to human health and lead consolidation to combat the AR. In Indonesia, the AR data is limited. This research aims to review methods use in AR's research, AR potential source and analyze several water quality that affect the AR bacteria. . Code River is one of an ideal river which is believed has not been contaminated by AR. The dominant land use in Code River Basin are agriculture, animal farming, fishery, settlement. There are several hospitals in the river side which are potential as AR sources. The water samples were collected in 13 sites for BOD and E. Coli analysis. This research result were expected to provide comprehensive data of the potential AR sources in the environment based on the water quality and land use. This method can be used to evaluate environmental management program.

Keywords: water quality, environment, waste management, antibiotic resistance

1. PENDAHULUAN

Penyebaran gen resistensi antibiotik (*antibiotic resistance gene*/ARG) melalui bakteri saat ini merupakan hal yang menjadi perhatian di dunia global

* Korespondensi Penulis
Email : mpjadi@ugm.ac.id

(Laport *et al.* 2016). Meskipun di negara-negara Skandinavia, penelitian mengenai resistensi antibiotik sudah berkembang dan banyak dilakukan, secara global bakteri yang resisten terhadap antibiotik meningkat pada manusia dan hewan (Carlet *et al.* 2014). Di Indonesia, permasalahan mengenai resistensi antibiotik saat ini belum banyak diteliti dan dipahami oleh masyarakat. World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa resistensi antibiotik merupakan ancaman global yang dapat merugikan baik dunia kesehatan maupun ekonomi (WHO 2014).

Siklus bakteri yang menyebabkan resistensi bakteri sudah terjadi secara alami di lingkungan sejak puluhan juta tahun yang lalu (Friedman *et al.* 2016). Proses evolusi bakteri rentan terhadap antibiotik dipicu oleh perilaku manusia dalam menggunakan antibiotik pada berbagai kegiatan, contohnya untuk pengobatan manusia dan hewan. Dampak dari penggunaan antibiotik tersebut dapat mengakibatkan tubuh menjadi rentan terhadap penyakit, apabila bakteri yang berkembang di tubuh sudah resisten terhadap antibiotik (Rather *et al.* 2017). Meningkatnya bakteri patogen manusia menimbulkan penyakit ringan seperti infeksi kandung kemih dan infeksi luka yang dapat menyebabkan kematian pada manusia, karena tubuh resisten terhadap antibiotik. Penyebab resistensi ini dapat berasal dari pola penggunaan antibiotik pada manusia dan hewan tanpa pengawasan, maupun dari bakteri yang masuk ke tubuh dari lingkungan bebas (Prigitano *et al.* 2017).

Permasalahan penyebaran bakteri yang resisten terhadap antibiotik di lingkungan saat ini semakin meningkat. Hal ini disebabkan bakteri yang menjadi resisten karena perpindahan gen secara horisontal (*horizontal gene transfer/HGT*). HGT menyebabkan penyebaran ARG semakin mudah dan melalui berbagai media di lingkungan, seperti di air, tanah, udara, makanan, dan makhluk hidup (Frieri *et al.* 2017). Telah ditemukan beberapa fakta yang menunjukkan resistensi terhadap antibiotik sangat besar keberadaannya di lingkungan. Memahami persebaran dari *antibiotic resistance* di lingkungan penting dilakukan untuk memprediksi persebaran bakteri yang resisten terhadap antibiotik di lingkungan terhadap bakteri yang tidak resisten terhadap antibiotik, termasuk manusia. Selain itu, meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat mengenai *antibiotic resistance* penting dilakukan untuk mencegah persebaran dari *antibiotic resistance* tersebut.

Penelitian mengenai antibiotik di lingkungan masih jarang dilakukan di Indonesia. Sungai Code berada di Yogyakarta dinilai mewakili bermacam-macam kegiatan dari hulu hingga hilir, seperti permukiman, pertanian, peternakan, rumah sakit, dan terdapat beberapa wilayah dengan kondisi masih alami. Kompleksitas yang ada pada Sungai Code menunjukkan bahwa wilayah tersebut juga rawan terhadap penyebaran gen resisten antibiotik melalui bakteri

yang berasal dari sektor peternakan, limbah rumah tangga, dan limbah rumah sakit. Pengolahan limbah yang tidak sesuai dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, salah satunya penyebaran ARG pada bakteri yang tidak terlihat secara kasat mata. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang komprehensif mengenai keberadaan dan persebaran bakteri resisten antibiotik di Indonesia, khususnya di Sungai Code. Berdasarkan data tersebut dapat dibuat profil resistensi antibiotik di lingkungan Indonesia. Tulisan ini membahas mengenai metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian resistensi antibiotik, potensi sumber bakteri resisten antibiotik dan menganalisis parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap potensi bakteri resisten antibiotik.

2. METODOLOGI

2.1. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa *water checker*, botol sampel, pita ukur, *water filtration apparatus*, dan GPS (*Global Positioning System*).

2.2. Penentuan lokasi pengambilan sampel kualitas air

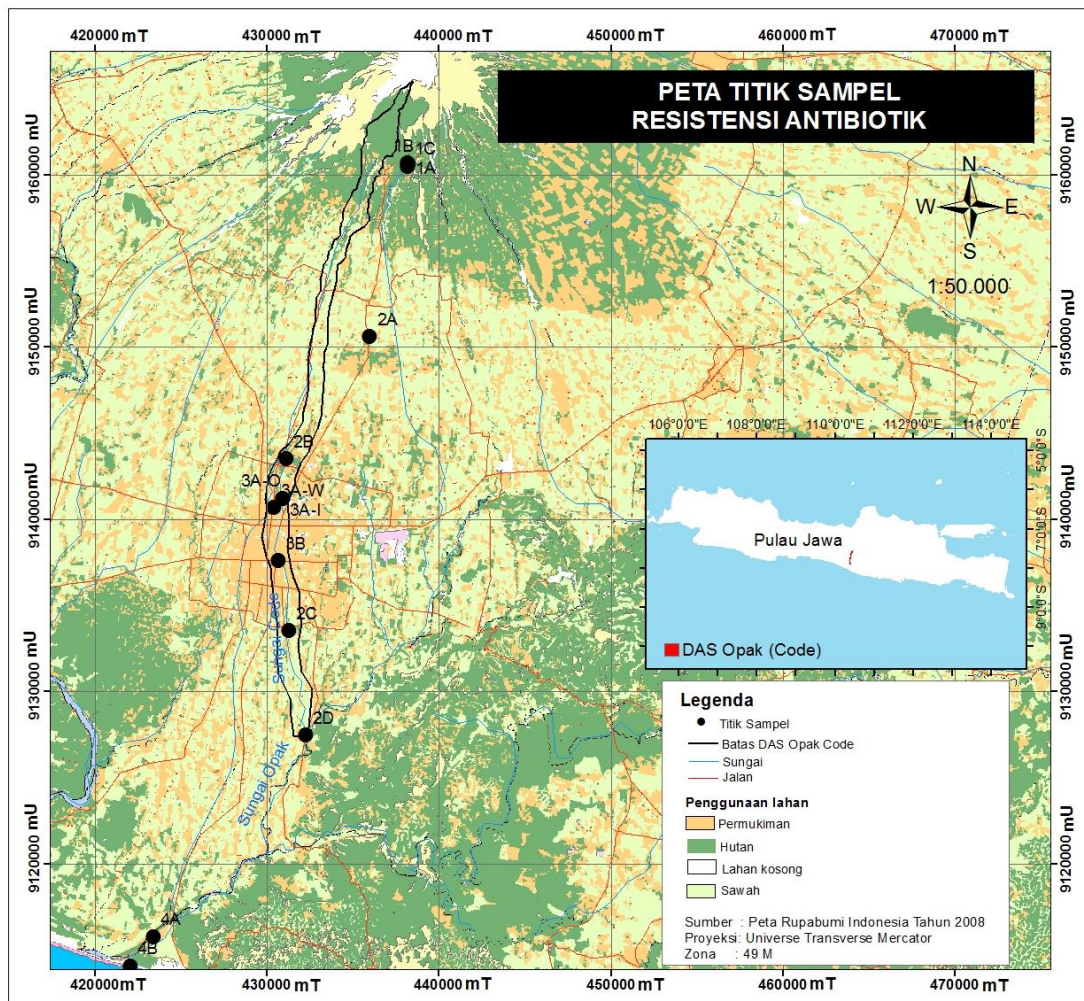
Lokasi pengambilan sampel kualitas air ditentukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu menentukan sampel agar dapat mewakili variasi yang ada berdasarkan populasi yang ada.

Tabel 1. Lokasi potensial sumber bakteri antibiotik

No	Lokasi	Kode
1	Umbul Lanang (Mata air)	1A
2	Umbul Wadon (Mata air)	1B
3	1 km dari Umbul Lanang	1C
4	Peternakan sapi	2A
5	Pemotongan Ayam	2B
6	Rumah Sakit (<i>Inflow</i>)	3A-I
7	Rumah Sakit (<i>Outflow</i>)	3A-O
8	Sungai Utama setelah Limbah Rumah Sakit	3A-W
9	Jembatan Sayidan	3B
10	Peternakan bebek	2C
11	Jembatan pertemuan Opak-Code	2D
12	Sebelum muara opak	4A
13	Muara opak	4B

Titik sampel ditentukan berdasarkan masukan sumber pencemar penggunaan lahan, seperti limbah domestik. Sumber pencemar khusus yang masuk ke sungai secara langsung juga diambil sebagai titik sampel, seperti limbah peternakan, limbah rumah sakit karena berpeluang sebagai sumber

pencemar yang mengandung antibiotik. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 12 sampel (**Tabel 1**). Peta titik sampel disajikan pada **Gambar 1**.

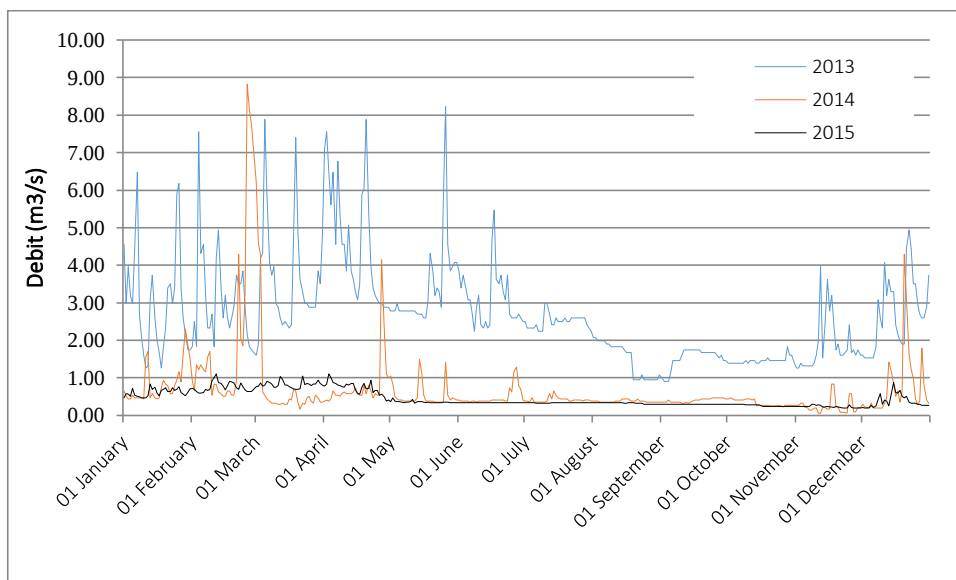


Gambar 1. Peta pengambilan sampel air dan sedimen.

2.3. Karakteristik aliran

Karakteristik aliran Sungai Code direpresentasikan pada titik pengamatan tinggi muka air sungai (papan duga) yang dipasang pada bagian tengah dari Sungai Code (Gemawang) (**Gambar 2**). Berdasarkan data debit aliran tahun 2013-2015, Sungai Code termasuk dalam kategori sungai perenial, yaitu sungai yang mengalir sepanjang tahun. Aliran air sungai tidak hanya berasal dari hujan tetapi juga suplai dari airtanah. Debit maksimum bulanan pada bulan Maret tahun 2014 sebesar $8,83 \text{ m}^3/\text{s}$, dan debit minimum sebesar $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Tahun 2013, debit minimum terjadi pada bulan Agustus-November. Tahun 2014, debit

minimum terjadi pada bulan April-November. Tahun 2015, debit minimum terjadi pada bulan Mei-November. Besarnya debit aliran pada sungai terkait kemampuan pengenceran pada beban pencemar yang masuk pada sungai. Pola debit aliran Sungai Code menunjukkan terjadi penurunan debit aliran dari tahun 2013-2015. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi klimatologis wilayah maupun jumlah wilayah resapan air yang semakin berkurang.



Gambar 2. Debit aliran Sungai Code (BBWS Serayu-Opak 2015).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Metode pengambilan sampel bakteri resisten antibiotik

Metode yang diuraikan pada sub bab ini adalah metode yang direkomendasikan dalam penentuan bakteri resisten antibiotik pada air. Sampel yang diambil pada penelitian resistensi biotik terdiri dari sampel air dan sampel sedimen. Sampel air diambil untuk mengambil bakteri yang sedimen tersuspensi dalam sedimen. Jumlah total sampel air yang diambil adalah 1-2 liter bergantung kekeruhan air. Sampel air tersebut kemudian disaring dengan filter khusus bakteri (*water filtration apparatus*). Setiap lokasi diambil 3 botol pada lokasi yang berdekatan untuk validasi data dan uji statistik dan mengurangi kesalahan dari pengambilan data. Sampel sedimen diambil dari sedimen dasar sungai sebanyak 3-5 sendok makan. Setiap lokasi diambil 3 sampel sedimen. Sampel air dan sampel sedimen diawetkan dalam kotak pendingin. Sampel sedimen diawetkan dalam pendingin dengan suhu -70°C . Berdasarkan hasil penyaringan sedimen suspensi dan pengambilan sedimen dasar, ekstraksi DNA dilakukan dengan DNA *isolation kit*.

Analisa DNA pada dilakukan dengan *qPCR array, Smartchip realtime PCR system* dari WaferGen. Hasil analisa tersebut diuji secara statistik dengan program R untuk membentuk profil resistensi antibiotik di lingkungan Indonesia (Muziasari *et al.* 2016). Wawancara secara insidental dilakukan untuk menggali informasi terkait sumber pencemar. Data karakteristik aliran diperoleh dari data sekunder dari instansi terkait.

Beberapa parameter kualitas air memiliki hubungan terhadap keberadaan bakteri resisten antibiotic. Parameter kualitas air hasil uji laboratorium sebagai indikator utama adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*). Analisis deskriptif komparatif digunakan untuk membandingkan kondisi kualitas air sungai daerah penelitian dengan standar baku mutu air menurut PP No. 82 Tahun 2001. Analisis korelasi antara kualitas air sungai dengan debit aliran digunakan untuk menggambarkan kondisi sumber pencemar secara temporal. Selain itu, juga dilakukan analisis mengenai keterkaitan antara kualitas air dengan keberadaan *antibiotic resistance*. Kota yang tercemar mempunyai risiko lebih besar terdapat adanya *antibiotic resistance* (Pal *et al.* 2016).

3.2. Potensi sumber bakteri resisten antibiotik

Penyebaran bakteri yang resisten terhadap antibiotik di lingkungan dapat berasal dari berbagai macam sumber, terutama rumah sakit, peternakan, dan perikanan. Hal ini disebabkan pada bidang tersebut penggunaan antibiotik dimungkinkan tidak terkontrol. Sektor-sektor tersebut dinilai menyumbangkan pengaruh terbesar karena penggunaan antibiotik pada manusia dan hewan (unggas dan ikan) yang sakit (Rather *et al.* 2017). Pengelolaan limbah dari rumah sakit umumnya sudah sesuai dengan standar Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL), namun perlu dilakukannya kontrol pada sungai sebagai tempat buangan akhir. Pada sektor perikanan dan peternakan, penggunaan antibiotik dilakukan untuk menyembuhkan ternak yang sakit. Penggunaannya dapat dikontrol apabila penggunaan antibiotik sesuai dengan resep dokter hewan.

Sungai Code merupakan sungai yang ideal, karena hampir satu garis dari hulu ke hilir. Sungai Code memiliki dua mata air yaitu Umbul Lanang dan Umbul Wadon yang terletak di kaki Gunung Merapi dan berhilir di Muara Opak. Mata air tersebut merupakan mata air kontak, karena pengaruh struktur geologi, yang keluar dari Lembah Sungai Code. Hasil analisis laboratorium masih dalam proses pengerjaan sehingga dalam paparan ini hanya menyampaikan metode pengambilan sampel bakteri antibiotik dan hubungannya dengan beberapa parameter kualitas air. Berdasarkan kondisi penggunaan lahan dan masukan sumber pencemar titik, terdapat 12 titik yang dapat digunakan sebagai lokasi sampling yang berpotensi sebagai sumber bakteri resistensi antibiotik dari hulu hingga hilir Sungai Code (**Tabel 1**).

Umbul Lanang (1A) dan Umbul Wadon (1B) merupakan titik kontrol atau titik utama, karena belum terpapar oleh sumber pencemar lain. Kualitas air pada kedua lokasi ini termasuk dalam golongan 1, sehingga dapat diminum secara langsung. Cara pengambilan sampel adalah, sampel diambil langsung dari dalam mata air sebelum mengalir ke sungai. Kondisi penggunaan lahan sekitar adalah semak belukar. Titik 1C berada 1 km ke arah hilir setelah Umbul Wadon. Belum ada pengaruh manusia yang konstan, seperti permukiman. Sampel diambil sebelum bending. Kondisi penggunaan lahan sekitarnya adalah semak belukar dan banyak terdapat lumut.

Titik 2A merupakan keluaran dari peternakan sapi yang limbah buangnya adalah salah satu anak Sungai Code. Peternakan sapi menggunakan antibiotik sebagai vaksin dan obat apabila ternak sakit. Penggunaan lahan sekitar peternakan adalah permukiman. Limbah sudah diolah dengan IPAL sederhana. Pengolahan limbah peternakan dilakukan dengan mengendapkan kotoran dan membuang air limbah ke sungai. Titik 2B merupakan usaha pemotongan ayam. Sampel diambil pada keluaran limbah yang keluar dari lokasi pemotongan ini. Jumlah ayam yang dipotong perharinya sekitar 100-200 ekor. Tidak ada pengolahan limbah khusus sehingga limbahnya langsung mengalir ke sungai. Pengambilan sampel pada lokasi rumah pemotongan ayam dan peternakan dilakukan karena pada ayam potong biasa dilakukan penyuntikan obat untuk penggemukan dan vaksin hewan (Prigitano *et al.* 2017).

Sampel air pada limbah rumah sakit diambil pada masukan (*inflow*) IPAL (3A-I) dan keluaran (*outflow*)(3A-O). Limbah rumah sakit sudah diolah dengan IPAL metode lumpur aktif and dikontrol dengan bioindikator berupa ikan. Sebagai titik kontrol pengaruh limbah rumah sakit yang masuk ke sungai dilakukan pengambilan sampel setelah keluaran IPAL rumah sakit ke Sungai Code (3A-W). Titik 3B diambil di Sungai Code di daerah Kota Yogyakarta. Penggunaan lahan dominan adalah permukiman. Lokasi tersebut dipilih karena banyak limbah domestik yang dibuang langsung ke sungai. Potensi resistensi antibiotik dapat berasal dari urin masyarakat yang dibuang tanpa pengolahan.

Sampel 2C diambil pada lokasi keluaran limbah pada lokasi peternakan itik yang secara langsung membuang limbahnya ke Sungai Code. Tidak ditemukan informasi terkait pengolahan limbah pada peternakan itik tersebut. Kondisi penggunaan lahan sekitar adalah permukiman. Titik 2D merupakan titik pertemuan antara Sungai Code dan Sungai Opak, sebelum akhirnya bergabung menjadi Sungai Opak, Titik Sampel diambil pada Sungai Opak sebelum bertemu Sungai Code sebagai kontrol pengaruh Sungai Code ke Sungai Opak. Titik 4A diambil di Sungai Opak sebelum estuari, sebagai kontrol kondisi sebelum bercampur dengan air laut. Titik 4B merupakan titik pada muara sungai. Diambil

untuk mengetahui pengaruh laut dan potensi keberadaan gen resistensi antibiotik setelah tertransport dari hulu ke hilir.

3.3. Kondisi kualitas air

Aktivitas penduduk yang berkembang pesat di wilayah DAS Sungai Code mempengaruhi kualitas air Sungai Code. Berbagai macam sumber pencemar yang berpotensi mencemari lingkungan, yaitu aktivitas permukiman (domestik), pertanian, peternakan, dan perikanan. Peningkatan aktivitas tersebut berdampak buruk terhadap kualitas air sungai. Pencemaran terjadi ketika kualitas air sungai melebihi baku mutu air yang telah ditetapkan. Parameter yang digunakan dalam kajian ini adalah BOD dan jumlah coliform. Parameter BOD cenderung sensitif terhadap pencemaran, hal ini terkait dengan proses-proses biologis (khususnya mikroorganisme dalam air). Parameter coliform digunakan untuk menunjukkan sumber *Escherichia coli* yang berasal dari manusia dan ternak. Parameter kualitas air tersebut menggambarkan kondisi kualitas air secara umum, sedangkan untuk membedakan bakteri yang sama dari sumber yang berbeda melalui analisis *Antibiotic Resistance Analysis* (Stoeckel 2005).

Keberadaan *antibiotic resistance* sangat erat kaitannya dengan perkembangan daerah. Daerah yang tercemar mempunyai potensi lebih besar terpapar *antibiotic resistance* (Pal *et al.* 2016). Beberapa analisis pencemaran air, menunjukkan 64% BOD berasal dari limbah domestik (World bank 2013), dimana keberadaan *antibiotic resistance* dominan berasal dari sisa buangan (ekskresi) manusia (Berendonk *et al.* 2015; Matinez 2008). BOD menggambarkan jumlah oksigen yang digunakan untuk menguraikan bahan organik. Kadar BOD yang tinggi, menunjukkan bahwa jumlah bahan organik yang terdapat pada perairan cenderung tinggi. Berdasarkan parameter BOD menandakan bahwa Sungai Code tercemar, karena kadarnya melebihi baku mutu air kelas II sesuai dengan PP No 82 Tahun 2011.

Terdapat 8 titik pengamatan kualitas air pada penelitian. BOD pada masing-masing diukur setiap bulan Februari (I), Juni (II), dan Oktober (III) (**Tabel 2; Gambar 3**). Waktu pengukuran tersebut merepresentasikan kondisi debit aliran pada saat musim penghujan dan kemarau. Sumber pencemar setiap titik pengamatan cenderung bervariasi. Hal ini diidentifikasi berdasarkan jenis aktivitas yang dominan. Aktivitas pertanian direpresentasikan oleh titik pengamatan 2 dan 8, vegetasi alami dan peternakan ditunjukkan oleh titik pengamatan 1. Aktivitas peternakan yang dominan di daerah tersebut adalah peternakan Sapi yang berada di Kecamatan Pakem, Sleman. Tidak semua aktivitas peternakan di daerah tersebut menggunakan IPAL (*Instalasi Pengolahan Air Limbah*). Aktivitas manusia berupa kegiatan domestik, rumah

sakit, dan industri (percetakan) direpresentasikan oleh titik pengamatan kualitas air dari titik 3-7.

Tabel 2. Lokasi pengamatan kualitas air sungai code.

No	Lokasi Pengamatan	Sumber Pencemar Dominan
1	Jembatan Boyong Pakem, Sleman	Vegetasi alami, peternakan
2	Jembatan Ngentak, Sariharjo, Ngaglik, Sleman	Pertanian
3	Jembatan Gondolayu, Jetis, Yogyakarta	Permukiman
4	Jembatan Gondomanan, Yogyakarta	Permukiman
5	Jembatan Keparakan, Mergangsan, Yogyakarta	Permukiman
6	Jembatan Tungkak, Mergangsan, Yogyakarta	Permukiman
7	Jembatan Abang Ngoto, Sewon, Bantul	Permukiman
8	Jembatan Pacar Wonokromo, Pleret Bantul	Pertanian

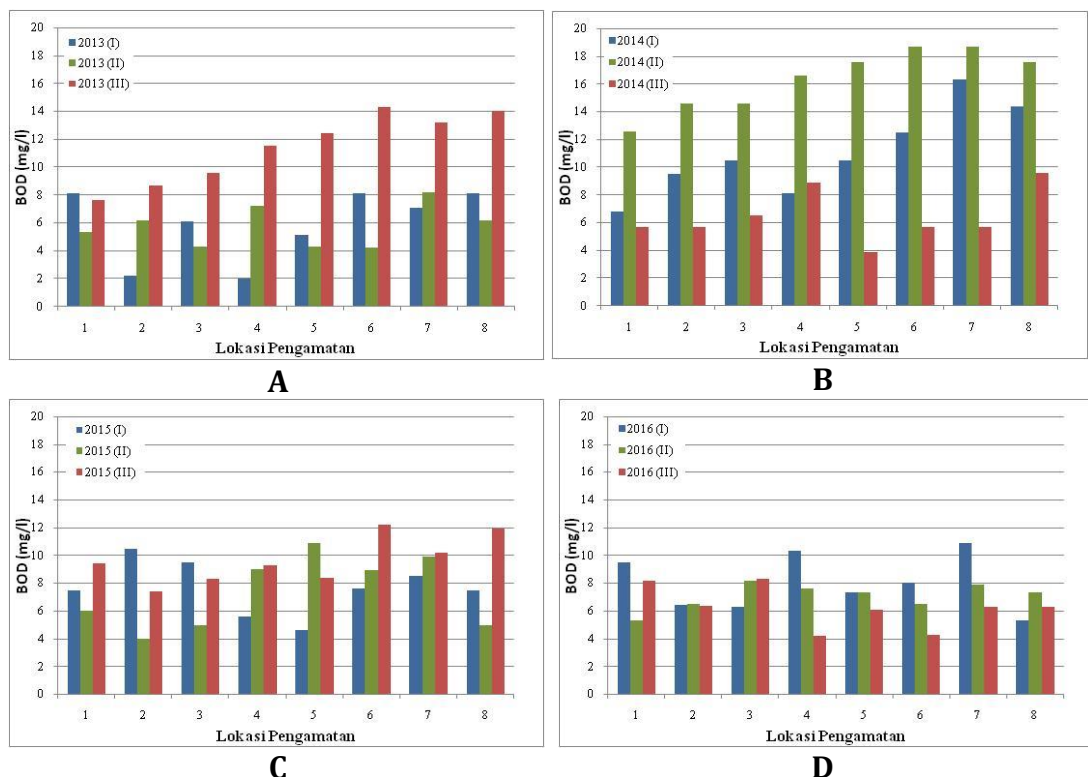
Tahun 2013, BOD cenderung tinggi pada sumber pencemar peternakan dan permukiman dan pada bulan pengamatan III. Pada tahun 2014, konsentrasi BOD cenderung tinggi pada bulan pengukuran II. Tahun 2015, nilai BOD cenderung tinggi pada bulan pengukuran ke III. Pada tahun 2016 limbah dari peternakan dan permukiman kandungan BOD cenderung tinggi dan secara temporal tidak ada variasi yang cukup signifikan. Hal ini terkait dengan debit aliran pada Sungai Code. Semakin besar debit aliran pada sungai, maka kemampuan *self purification* melalui proses pengenceran akan semakin besar (Tian *et al.*, 2011). Tahun 2014, pada bulan Juni terjadi debit minimum (**Gambar 1**), sehingga konsentrasi BOD pada bulan tersebut cenderung tinggi.

Berdasarkan **Gambar 3**, Nilai BOD Sungai Code cenderung bervariasi secara spasial maupun temporal. Secara umum, kondisi kualitas air Sungai Code termasuk dalam klasifikasi tercemar atau tidak sesuai dengan peruntukannya, karena nilai konsentrasi BOD yang melebihi batas baku mutu BOD kelas II (3 mg/l). **Gambar 3** menunjukkan kualitas air Sungai Code tidak dapat digunakan untuk air minum. Menurut baku mutu air sungai kelas II adalah 5000 JPT/100 ml, Sungai Code tergolong dalam kategori tercemar, karena titik pengamatan kualitas Sungai Code melebihi baku mutu kelas II.

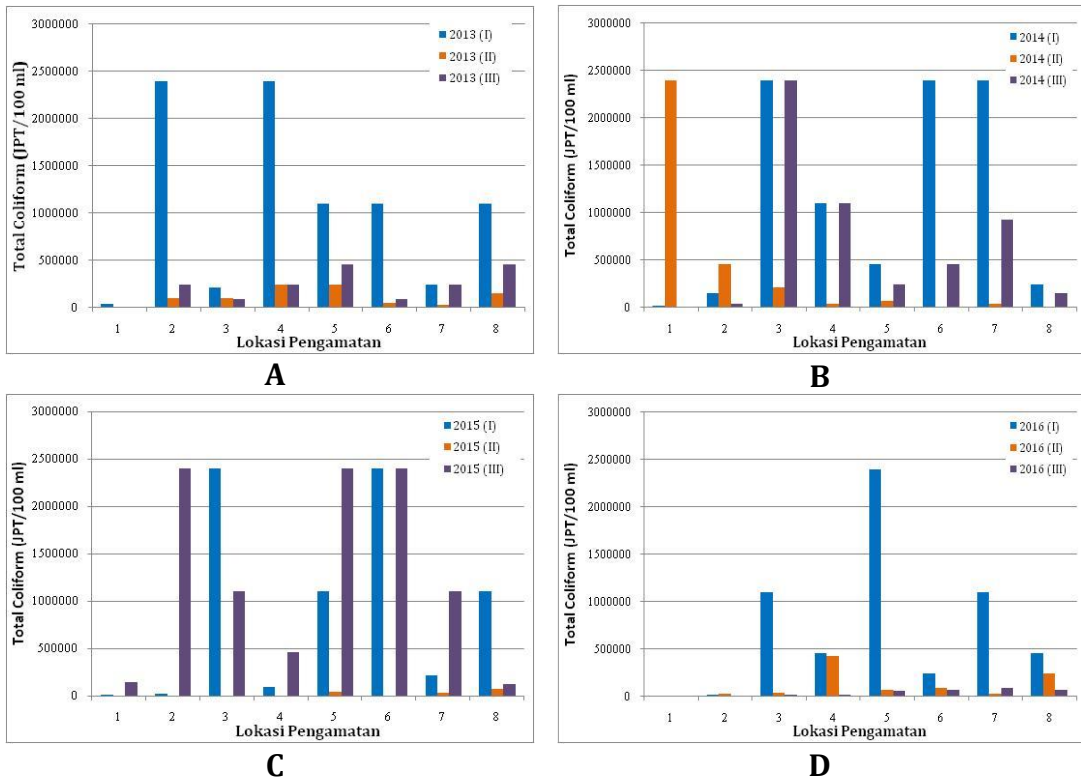
Gambar 4 menunjukkan konsentrasi total coliform di Sungai Code pada beberapa tahun. Total coliform merupakan parameter kualitas air sebagai indikator bakteri yang digunakan untuk menentukan tingkat keamanan air untuk dikonsumsi. Hal ini terkait dengan bakteri patogenik yang terdapat pada perairan seperti *Gardia* dan *Cryptosporidium*. Semakin tinggi jumlah total coliform pada badan air, maka semakin tinggi pula potensi adanya antibiotic resistance. Metode analisis antibiotic resistance dapat diketahui sumber-sumber bakteri dalam perairan (Shank, 2005). Jumlah coliform dalam air diatur menurut baku mutu kelas air, untuk identifikasi pencemaran. Untuk air minum diatur menggunakan Kepmenkes RI No. 907/Menkes/VII/2002, dengan kadar

minimum bakteri adalah 0 JPT/100 ml. Untuk keperluan air minum, jumlah bakteri tidak diperbolehkan/diizinkan. Keberadaan bakteri sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Jenis-jenis bakteri yang resisten berasal dari limbah manusia, binatang, maupun pengaruh eksternal lingkungan. Total coliform menunjukkan jumlah bakteri dalam badan air. Dalam **Gambar 4**, jumlah bakteri cenderung banyak pada periode ke I (Februari). Berdasarkan data debit aliran, pada bulan Februari debit air Sungai Code cenderung tinggi. Secara keruangan, konsentrasi total coliform cenderung tinggi pada jenis sumber pencemar permukiman. Adanya limbah domestik dan ternak pada jenis penggunaan lahan permukiman. Jenis aktivitas tersebut mempunyai gen resisten yang berbeda pula. Seperti tetracyclines berasosiasi dengan gen resisten dari hewan dan gen resisten beta-lactam cenderung tinggi dari lingkungan eksternal (Pal *et al.*, 2016). Identifikasi terhadap jenis gen resisten penting untuk strategi pengelolaan sumberdaya air sungai.



Gambar 3. Konsentrasi BOD Sungai Code Tahun 2013 (A), 2014 (B), 2015 (C), 2016 (D).



Gambar 4. Konsentrasi total coliform Sungai Code Tahun 2013 (A), 2014 (B), 2015 (C), 2016 (D) DI Yogyakarta.

3.4. Pengendalian resistensi antibiotik

Dampak dari penyebaran antibiotik adalah meningkatnya resistensi pada tubuh manusia dan hewan yang secara langsung dapat menyebabkan peningkatan mortalitas dan morbiditas. Efek resistensi antibiotik secara ekonomi adalah lamanya masa perawatan sehingga meningkatkan biaya perawatan di rumah sakit (Negara 2014). Pemerintah Indonesia saat ini menyadari dampak dari resistensi antibiotik dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Kepmenkes RI) Nomor 8 Tahun 2015 tentang Program Pengendalian Resistensi Antimikroba di Rumah Sakit. Pada peraturan tersebut dijelaskan bahwa penggunaan antibiotik harus dilakukan dengan pemahaman dan terkendali dalam lingkungan rumah sakit. Kondisi ini didukung oleh kebijakan Obat Nasional dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No 2406/MENKES/PER/2011 tentang Pedoman Umum Penggunaan Antibiotik dan Pedoman Pelayanan Kefarmasian untuk terapi antibiotik.

Cara-cara ini merupakan tindakan pengendalian pada tingkat pemerintahan melalui kebijakan-kebijakan yang berdampak ke pada publik (Carlet *et al.* 2014). Melalui peraturan tersebut pembelian antibiotik secara

bebas sangat ditekan di Apotek. Untuk mengoptimalkan pengendalian dan monitoring penggunaan antibiotik, sosialisasi kepada masyarakat melalui dinas, puskesmas, posyandu, LSM, dan lembaga kemasyarakatan lainnya perlu dilakukan, karena budaya meminum obat tanpa resep dokter di masyarakat saat ini masih tinggi (Rather *et al.* 2017).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Resistensi Antibiotik merupakan ancaman yang belum disadari oleh sebagian masyarakat. Penyebaran resistensi antibiotik di lingkungan dapat berasal dari air, tanah, udara, maupun makhluk hidup. Sungai Code memiliki potensi penyebaran antibiotik dari berbagai sumber, diantaranya peternakan, limbah domestik, dan rumah sakit. Pengendalian antibiotik dalam ranah rumah sakit sudah dapat dilakukan. Namun, pengendalian resistensi antibiotik secara umum masih sulit dilakukan karena kurangnya pengetahuan masyarakat dalam menggunakan obat dan mengolah limbah, serta dampaknya terhadap makhluk hidup dan lingkungan. Bakteri coli merupakan salah bakteri yang potensial sebagai patogen pembawa gen resisten terhadap antibiotik. Kecenderungan Sungai Code menunjukkan coli tinggi berasal dari penggunaan lahan permukiman. Nilai Coli tinggi pada saat musim hujan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada PSLH-UGM yang telah mendukung penelitian ini. Juga kepada Prof. Marko Virta University of Helsinki, dan Prof Iwan P., yang telah memberi dukungan dalam program kerjasama UGM-University of Helsinki, Finlandia.

6. Daftar Pustaka

- Berendonk TU, Manaia CM, Merlin C, Fatta-Kassinos D, Cytryn E, Walsh F, Burgmann H, Sorum H, Norstrom M, Pons M, Kreuzinger N, Huovinen P, Stefani S, Schwartz T, Kisand V, Baquero dan Martinez FJL. 2015. Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. *Nature Review Microbiology* 13:310-317.
- Carlet J, Pulcini C and Piddock LJ. 2014. Antibiotic resistance: a geopolitical issue. *Microbial Infect* 20(10) :949-953.
- Friendman ND, Temkin E and Carmeli Y. 2016. The negative impact of antibiotic resistance. *Microbial Infect* 22(5): 416-422.
- Frieri M, Kumar K and Boutin A. 2017. Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health* 10: 369-378.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907 Tahun 2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.

- Laport MA, Pontes PVM, Santos DSd, Santos-Gandelman JF, Muricy G, Bauwens M, de Marvel MG and George I. 2016. Antibiotic genes detected in the marine sponge *petrimica citriba* from Brazilian Coast. *Brazilian Journal of Microbiology* 47:617-620.
- Martinez JL. 2008. Antibiotics and antibiotic resistance genes in natural environments. *Science*. 321:365-367.
- Muziasari WI, Parnanen K, Johnson TA, Lyra C, Karkman A, Stedtfeld RD, Tamminen M, Tiedje JM and Virta M. 2016. Aquaculture changes the profile of antibiotic resistance and mobile genetic element associated genes in Baltic Sea Sediments. *FEMS Microbiology Ecology* 92(4):1-7.
- Negara KS. 2014. Analisis implementasi kebijakan penggunaan antibiotika rasional untuk mencegah resistensi antibiotika di RSUP Sanglah Denpasar: studi kasus infeksi Methicilin resistant *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Administrasi Kebijakan Kesehatan* 1(4):42-50.
- Pal C, Palme-Bengtsson J, Kristiansson E and Larsson DGJ. 2016. The structure and diversity of human animal and environmental resistomes. *Microbiome* 4:54.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2015 tentang program pengendalian resistensi antimikroba di rumah sakit
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2011 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.
- Prigitano A, Romano L, Auxilia F, Castaldi S and Tortorano AM. 2017. Antibiotic resistance: Italian awareness survey 2016. *Journal of Infection and Public Health* 11(1):30-34.
- Rather IA, Kim BC, Bajpai VK and Park YH. 2017. Self medication and antibiotic resistance: crisis, current challenges, and prevention. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24:808-812.
- Shark OC. 2005. Microbial source tracking: current technology and future direction. *Applied and Environmental Microbiology* 68(12):5796-5803.
- Stoeckel DM. 2005. Selection and application of microbial source tracking tools for water-quality investigations. *Collection of environmental data*. USGS.
- Tian S, Wang Z and Shang H. 2011. Study on the self-purification of Juma River. *Environmental Sciences* 11:1328-1333.
- World Bank. 2013. Downstream impacts of water pollution in the Upper Citarum River, West Java Indonesia. World Bank. Washington.
- [WHO] World Health Organization. 2014. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. WHO. France.

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MANAGEMENT

ISSN 2598-0017 | E-ISSN 2598-0025

Vol. 2 No. 1, April 2018

Mereduksi amonia kotoran ternak unggas dengan menggunakan kapur dan tanaman kedelai (Abustan, A. Pudjirahaju)	42-54
History of environmental impact assesment in Indonesia (F. S. Dhiksawan, S. P. Hadi, A. Samketo, D. P. Sasongko)	55-68
Teknologi alamiah penjamin kualitas kompos (studi kasus: kompos di Desa Tekelan, Kabupaten Semarang) (W. Oktiawan, B. Zaman, Purwono)	69-75
Studi kapasitas beban pencemaran sungai berdasarkan parameter organik (BOD, COD dan TSS) di Batang Lembang Kota Solok, Provinsi Sumatera Barat (A. Azhar, I. Dewatas)	76-87
Potensi sumber bakteri resisten antibiotik berdasarkan kondisi kualitas air dan penggunaan lahan di Sungai Code, Yogyakarta: suatu tinjauan metodologis (M. P. Hadi, L. N. Fadlillah, M. Y. Widasmara, W. I. Muziasari, Subaryono)	88-100

Tersedia secara online di www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb

Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4 Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134; email: jplb@bkpsl.org



9 772598 002001



9 772598 001004