

Penentuan Batas Konsentrasi PCBs Pada Minyak Transformator Dengan Metode *Analytical Hierarchy Process*.

Harri Gunawan

*Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia,
Jl. Salemba Raya No. 4. Jakarta Pusat
E-mail: harri.gunawan30@gmail.com*

Emil Budianto

*Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia,
Jl. Salemba Raya No. 4. Jakarta Pusat*

Witoro Soelarno

*Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia,
Jl. Salemba Raya No. 4. Jakarta Pusat*

ABSTRAK

Polychlorinated Biphenyls (PCBs) merupakan bahan yang sangat toksik, dapat merangsang kanker, alergi, hipersensitivitas, merusak sistem syaraf dan sistem reproduksi, serta mengganggu sistem imun. Sebagian besar masyarakat Indonesia belum mengetahui dampak negatif PCBs terhadap lingkungan hidup dan kesehatan manusia. Tujuan dari penelitian adalah menganalisis batas konsentrasi PCBs yang dapat diterapkan di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner kepada responden pakar dan analisis data menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa batas konsentrasi yang dapat diterapkan adalah 2 ppm dengan nilai 0,249.

Kata Kunci: AHP, batas konsentrasi, minyak transformator, PCBs.

1. PENDAHULUAN

Polychlorinated Biphenyls (PCBs) merupakan satu dari sekian banyak penciptaan teknologi oleh manusia yang berdampak buruk terhadap lingkungan dan manusia. PCBs dianggap sebagai limbah historis karena penggunaannya di masa lalu, meskipun saat ini produksi PCBs sudah dilarang, namun PCBs masih banyak ditemukan pada peralatan-peralatan elektrik yang masih beroperasi namun memiliki umur terbatas (Wu *et al.*, 2004).

Polychlorinated Biphenyls pertama kali diidentifikasi pada abad ke-19 dan mulai diproduksi dalam skala industri pada tahun 1929 dan secara intensif digunakan sampai tahun 1980 (*Secretariat of the Basel Convention, 2003*). PCBs adalah bahan yang diperoleh dari ekstrak tar batubara, produksi komersial PCBs dimulai setelah diketahuinya sifat bahan tersebut seperti stabilitas kimia, tidak mudah terbakar, tahan panas, dan isolasi listrik (*UNEP Chemicals, 1999*). PCBs digunakan secara ekstensif sebagai cairan dielektrik pada kapasitor dan transformator listrik, selain itu, PCBs juga digunakan dalam perekat, dempul, plastik, kertas bebas karbon, dan finishing lantai namun dalam jumlah yang lebih sedikit (Erickson *et al.*, 2011).

Beberapa contoh kasus menunjukkan PCBs adalah kontaminasi yang terakumulasi, bergerak secara spasial, dan menunjukkan tanda-tanda mengalami pembesaran biologis, seperti kasus PCBs yang terjadi pada pemijahan ikan salmon di Alaska (Miller, 2000), kasus PCBs mencemari beras di prefektur Fukuoka dan Nagasaki di Jepang Barat, yang dikenal dengan "Epidemi Yusho" ketika sekitar

1.700 orang menderita akibat makan nasi yang terkontaminasi oleh PCBs (Beroya, 2000; Erickson *et al.*, 2011). Kasus serupa terjadi di Taiwan pada tahun 1979 dikenal dengan *Yucheng Incident* yang menyebabkan sekitar 2.000 orang terpapar PCBs, dan kasus di Belgia terhadap 500 ton bahan makanan ternak terkontaminasi 40-50 kg PCBs dari minyak transformator yang terdistribusi ke 445 peternakan ayam, 393 peternakan sapi, 746 peternakan babi dan 237 peternakan sapi perah yang menyebabkan sekitar 1.540 orang terpapar PCBs (Larebeke *et al.*, 2001).

Hasil penelitian menunjukkan kontaminasi PCBs telah menyebar di Indonesia dengan adanya konsentrasi PCBs di lingkungan seperti di tanah, sedimen, air, udara, biota, dan manusia (Iwata *et al.*, 1993; Kannan *et al.*, 1994; Monirith *et al.*, 2003; Noegrohati *et al.*, 2008; Sudaryanto *et al.*, 2009; Sudaryanto *et al.*, 2006; Wurl, 2006; Rinawati *et al.*, 2012), hal tersebut menunjukkan bahwa adanya bahan PCBs di Indonesia. Beberapa produk makanan seperti beras, ayam, kerang hijau, dan makanan laut lainnya juga dilaporkan mengandung PCBs (Kannan *et al.*, 1994; Edward, 2016).

Indonesia bukan negara yang memiliki industri sintesis PCBs, namun hasil inventarisasi terbatas, pada sektor industri menunjukkan adanya potensi PCBs pada minyak transformator di Indonesia. Kegiatan inventarisasi data tahun 2015 dan 2016 yang dilakukan terhadap 1.032 perusahaan pengguna transformator dengan jumlah transformator yang di sampling sebanyak 3.015 unit di kota-kota besar di pulau Jawa, diperoleh jumlah akumulatif minyak transformator yang terkontaminasi PCBs lebih dari

50 ppm yaitu sebanyak 300.008 kg, sedangkan jumlah peralatan yang terkontaminasi PCBs lebih dari 50 ppm yaitu sebanyak 1.037.634 kg (KLHK, 2017). Sesuai kesepakatan dalam konvensi Stockholm, maka pada akhir 2025 semua bahan yang mengandung PCBs harus telah dihentikan penggunaannya dan semua PCBs dan peralatan yang mengandung PCBs harus sudah dimusnahkan pada akhir tahun 2028 dengan kaidah-kaidah yang memenuhi *Environmentally Sound Management (Stockholm Convention, 2001)*, kondisi ini menyebabkan diperlukannya penetapan batas konsentrasi PCBs pada minyak transformator di Indonesia sebagai acuan batas dalam pelaksanaan pemusnahan PCBs yang akan dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan penyebaran kuesioner kepada para responden pakar dan dilakukan wawancara secara langsung sesuai kesiapan dan kesediaan waktu responden. Pertanyaan yang disampaikan kepada para responden merupakan pertanyaan perbandingan antara satu kriteria dengan kriteria yang lain dalam suatu level, dan pengisiannya dilakukan dengan menggunakan skala 1 – 9.

Menurut Saaty (1994) tingkat kepentingan diisi dengan angka 1 sampai 9 mengikuti penjelasan sebagai berikut.

- Angka 1 menggambarkan kedua kriteria/strategi memiliki tingkat kepentingan yang sama (*equal*).
- Angka 3 menggambarkan satu kriteria/strategi memiliki sedikit lebih penting (*slightly*)
- Angka 5 menggambarkan satu kriteria/strategi lebih penting secara kuat (*strong*)
- Angka 7 menggambarkan satu kriteria/strategi lebih penting sangat kuat (*very strong*)
- Angka 9 menggambarkan satu kriteria/strategi lebih penting secara ekstrim (*extreme*)

Selain nilai tersebut, dapat digunakan angka 2,4,6 dan 8 untuk memberikan gambaran hubungan kepentingan diantara nilai-nilai ganjil diatas.

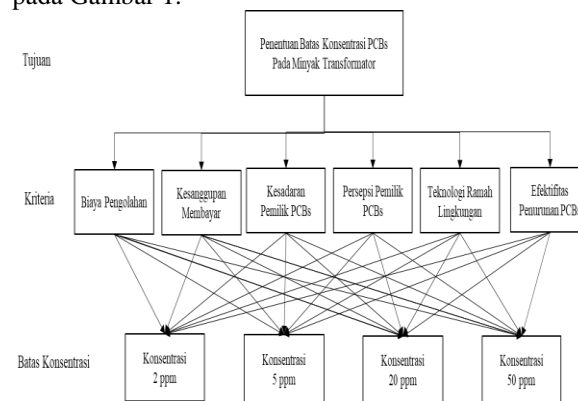
2.2 Metode Penentuan Responden

Responden ditentukan secara *purposive* dengan pertimbangan bahwa responden memahami secara baik obyek kajian. Pemilihan responden dilakukan dalam rangka penentuan batas konsentrasi PCBs pada minyak transformator yang dapat diterapkan. Responden yang dipilih adalah enam orang yang terdiri dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian ESDM, Organisasi Internasional (UNIDO; BCRC & SCRC SEA) dan Perwakilan Perusahaan Pengolah PCBs.

2.3 Penentuan Kriteria Penting

Kriteria penting yang dijadikan dasar untuk penentuan batas konsentrasi PCBs meliputi (1) biaya pengolahan PCBs, (2) kesanggupan membayar pemilik PCBs, (3) kesadaran pemilik PCBs, (4)

persepsi pemilik PCBs, (5) teknologi ramah lingkungan, dan (6) efektifitas penurunan konsentrasi PCBs. Untuk batas konsentrasi yang akan ditentukan adalah 2 ppm, 5 ppm, 20 ppm dan 50 ppm. Model hierarki yang disusun terdiri dari dua level, dengan level satu adalah kriteria dan level kedua merupakan batas konsentrasi. Gambaran hierarki dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hierarki Penelitian

2.4 Metode Analisis Data

Metodologi Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan pendekatan hierarki. Hierarki adalah representatif suatu masalah pada struktur yang kompleks dan multi level. Level pertama pada penyusunan hierarki adalah tujuan dan level terakhir adalah alternatif penyelesaian masalah (Saaty, 1994). AHP memiliki tiga prinsip kerja dalam memecahkan persoalan dengan analisis logis eksplisit, yaitu penyusunan hierarki, penetapan prioritas dan konsistensi logis (Marimin dan Maghfiroh, 2011).

Prioritas yang dihasilkan harus diuji konsistensi secara logis untuk melihat kesesuaian atau konsistensi jawaban dari para responden. Konsistensi akan terlihat dari penilaian kriteria dari perbandingan berpasangan. Tolak ukur yang digunakan adalah CI (*Consistency Index*) berbanding RI (*Ratio Index*) atau CR (*Consistency Ratio*). Selanjutnya menentukan nilai CI (*Consistency Index*) dengan persamaan:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

Keterangan:

CI = *Consistency Index*

λ_{maks} = Nilai prioritas terbesar dari matriks ber-ordo n

n = Jumlah kriteria

Nilai *eigen vector* terbesar adalah jumlah hasil kali perkalian jumlah kolom dengan *eigen vector* utama. Sehingga dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\lambda_{maksimum} = \left(\sum GM_{11-n1} \times \bar{x}_1 \right) + \dots + \left(\sum GM_{1n-ni} \times \bar{x}_n \right)$$

Setelah memperoleh nilai lambda maksimum selanjutnya dapat ditentukan nilai CI. Apabila nilai CI bernilai nol (0) berarti matriks konsisten. Jika nilai

CI yang diperoleh lebih besar dari 0 ($CI > 0$) selanjutnya diuji batas ketidakkonsistenan (Marimin dan Maghfiroh, 2011). Pengujian diukur dengan menggunakan CR, yaitu nilai indeks, atau perbandingan antara CI dan RI:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan:

CR = Consistency Ratio

CI = Consistency Index

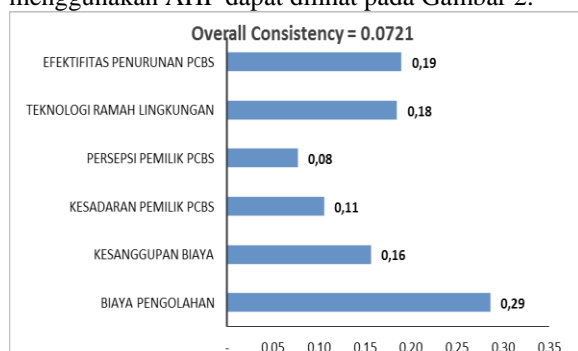
RI = Ratio Index

Nilai RI yang digunakan sesuai dengan ordo n matriks. Apabila CR matriks lebih kecil 10% (0,1) berarti bahwa ketidakkonsistenan pendapat masing dianggap dapat diterima. Jika lebih dari 10% berarti terdapat ketidakkonsistenan jawaban dari para responden. Penyelesaian analisis AHP dilakukan dengan menggunakan software microsoft excel 2013.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kriteria Penting

Hasil analisis kriteria batas konsentrasi PCBs diperoleh peringkat tertinggi adalah kriteria Biaya Pengolahan dengan *eigen vector* 0,29. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peringkat Kriteria Batas Konsentrasi PCBs

Kriteria Efektifitas Penurunan PCBs dengan *eigen vector* 0,19 dan kriteria Teknologi Ramah Lingkungan dengan *eigen vector* 0,18. Kriteria kesanggupan membayar berada di peringkat keempat dengan *eigen vector* 0,16. Kriteria Kesadaran dan Persepsi Pemilik PCBs memiliki *eigen vector* terendah sebesar 0,11 dan 0,08.

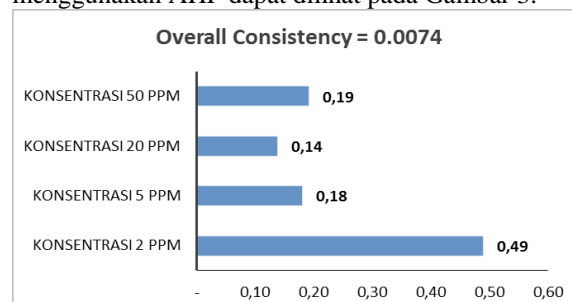
3.2 Analisis Kriteria Terhadap Batas Konsentrasi PCBs

Kriteria Biaya Pengolahan

Biaya pengolahan PCBs adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendestruksi PCBs. Kegiatan destruksi PCBs oleh perusahaan pengolah PCBs dapat dilaksanakan apabila tersedia kriteria batas konsentrasi tertentu untuk kegiatan destruksi PCBs.

Hasil analisis AHP untuk kriteria Biaya Pengolahan menunjukkan bahwa konsentrasi 2 ppm lebih dipilih oleh responden dengan *eigen vector* 0,49, hal ini dikarenakan biaya pengolahan PCBs

hingga mencapai konsentrasi 2 ppm lebih murah daripada biaya pengolahan hingga konsentrasi 5 ppm, 20 ppm dan 50 ppm. Nilai terendah yang dipilih oleh responden adalah biaya pengolahan untuk konsentrasi 20 ppm dengan *eigen vector* 0,14. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 3.



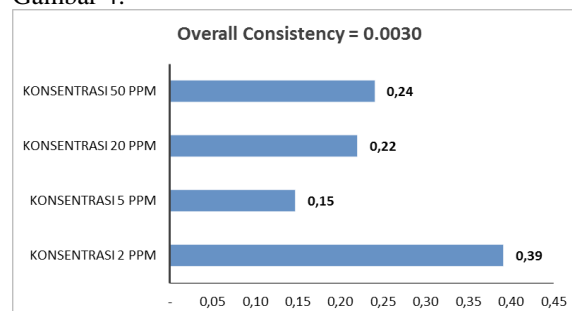
Gambar 3. *Eigen vector* Konsentrasi Terpilih Menurut Biaya Pengolahan

Biaya pengolahan PCBs untuk mencapai konsentrasi 2 ppm dianggap lebih representatif karena berdasarkan wawancara terhadap pengolah limbah PCBs, untuk mencapai konsentrasi 2 ppm secara biaya akan lebih murah dibandingkan dengan pengolahan PCBs untuk mencapai konsentrasi 5 ppm dan seterusnya. Hal ini dikarenakan piramida market minyak PCBs dimana semakin rendah konsentrasi PCBs maka semakin tinggi populasi dan volume minyak PCBs yang akan dilakukan pengolahan. Ketersediaan pasar ini sangat berpengaruh terhadap penetapan harga pengolahan minyak PCBs

Kriteria Kesanggupan Membayar

Kesanggupan membayar merupakan kesediaan individu untuk membayar terhadap suatu kondisi lingkungan atau penilaian terhadap sumberdaya alam dan jasa alami dalam rangka memperbaiki kualitas lingkungan (Hanley dan Splash, 1993). Kesanggupan membayar dalam penelitian ini lebih diarahkan kepada kesanggupan untuk membayar dari para pemilik PCBs untuk proses destruksi PCBs.

Berdasarkan hasil analisis AHP untuk kriteria Kesanggupan Membayar pemilik PCBs menunjukkan bahwa konsentrasi 2 ppm lebih dipilih oleh responden dengan *eigen vector* 0,39. *Eigen vector* terendah adalah kriteria Kesanggupan Membayar untuk konsentrasi 5 ppm dengan *eigen vector* 0,15. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 4.



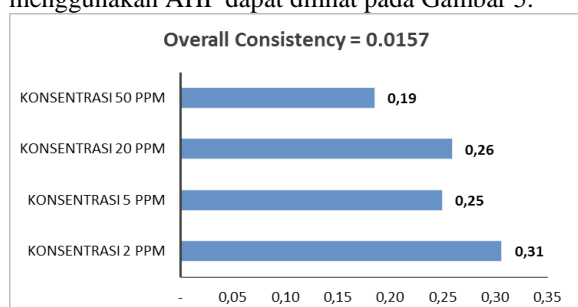
Gambar 4. *Eigen vector* Konsentrasi Terpilih Menurut Kesanggupan Membayar

Kesanggupan membayar para pemilik PCBs untuk biaya pengolahan PCBs hingga 2 ppm lebih dipilih dibanding pengolahan untuk 5 ppm, 20 ppm dan 50 ppm karena biaya yang akan dibayarkan pemilik PCBs menjadi lebih terjangkau. Kondisi ini sesuai dengan penelitian Annisa dan Harini (2018) bahwa tingkat pendapatan salah satu kriteria yang mempengaruhi tingkat kesanggupan membayar. Jika pendapatan perusahaan pemilik PCBs cukup tinggi, maka kesanggupan membayar biaya pengolahan PCBs akan lebih besar. Ketika kesanggupan membayar rendah, maka subsidi harus dipertimbangkan untuk menjamin keberlanjutan pemusnahan PCBs.

Kriteria Kesadaran Pemilik PCBs

Kriteria Kesadaran Pemilik PCBs merupakan bagian dari sikap dan perilaku pemilik PCBs dalam memahami pentingnya pengelolaan PCBs dan terus bertambah menjadi sifat dan komitmen dalam hidupnya.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan AHP terhadap kriteria Kesadaran Pemilik PCBs diperoleh bahwa batas konsentrasi PCBs yang dipilih tertinggi oleh responden adalah 2 ppm dengan *eigen vector* 0,31. *Eigen vector* terendah adalah untuk batas konsentrasi 50 ppm sebesar 0,19. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 5.



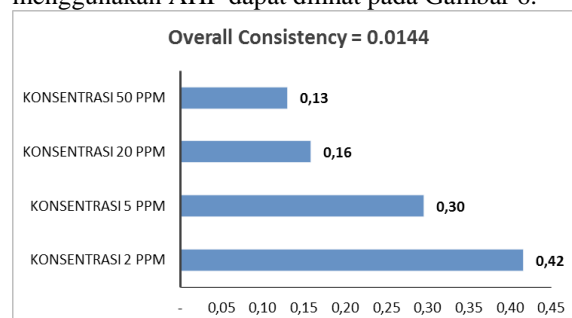
Gambar 5. *Eigen vector* Konsentrasi Terpilih Menurut Kesadaran Pemilik PCBs

Hasil ini menunjukkan bahwa responden merasa tingkat kesadaran pemilik PCBs merupakan hal yang penting dan memiliki peran yang signifikan dalam penentuan batas konsentrasi PCBs hingga 2 ppm. Setiap pemilik PCBs diharapkan sadar bahaya PCBs terhadap lingkungan dan kesehatan. Kesadaran mengenai pentingnya penentuan batas konsentrasi PCBs perlu terus ditingkatkan melalui penyuluhan, penerangan, pendidikan, disertai pemberian motivasi untuk peran aktif pemilik PCBs untuk menjaga lingkungan hidup.

Kriteria Persepsi Pemilik PCBs

Persepsi merupakan salah satu aspek psikologis yang penting bagi manusia dalam merespon kehadiran berbagai aspek dan gejala di sekitarnya. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005), persepsi adalah tanggapan (penerimaan) langsung dari sesuatu dan merupakan proses seseorang mengetahui beberapa hal melalui panca inderanya.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan AHP terhadap kriteria Persepsi Pemilik PCBs menunjukkan bahwa konsentrasi 2 ppm lebih dipilih oleh responden dengan *eigen vector* 0,42 dibanding konsentrasi lainnya. *Eigen vector* terendah untuk kriteria Persepsi Pemilik PCBs adalah di konsentrasi 50 ppm dengan *eigen vector* 0,13. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Eigen vector* Konsentrasi Terpilih Menurut Persepsi Pemilik PCBs

Penelitian Drangert dan Nawab (2011) menyebutkan kondisi sosial kemasyarakatan, budaya dan agama mempengaruhi perilaku dan persepsi masyarakat terhadap pengelolaan lingkungan di daerahnya. Responden menganggap persepsi pemilik PCBs akan cenderung memilih 2 ppm sebagai batas konsentrasi PCBs pada minyak transformator. Persepsi yang tinggi menyebabkan tingkat partisipasi masyarakat meningkat, karena sebuah persepsi yang positif menunjukkan sebuah kesadaran masyarakat menuju hal yang lebih baik (Abdullah 2005).

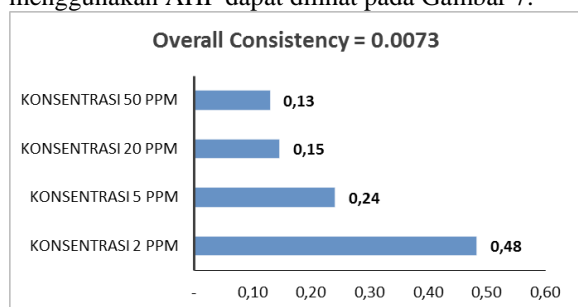
Kriteria yang berhubungan signifikan terhadap persepsi masyarakat adalah pengetahuan dan pengalaman. Pengetahuan dan pengalaman memiliki hubungan signifikan dengan persepsi karena pengetahuan dan pengalaman merupakan dasar bagi seorang individu untuk membentuk persepsi terhadap suatu objek/kejadian yang ada di lingkungannya. Kemudian, kriteria eksternal individu seperti peran pemerintah/tokoh masyarakat dan sarana dan prasarana memiliki hubungan yang signifikan dengan persepsi masyarakat terhadap pengelolaan lingkungan. Hal ini disebabkan oleh stimulus yang diberikan oleh lingkungan diinterpretasikan oleh individu dalam proses persepsi, sehingga keadaan lingkungan berhubungan dengan persepsi seorang individu (Tansatrisna, 2014).

Kriteria Teknologi Ramah Lingkungan

Teknologi Ramah Lingkungan adalah teknologi yang dalam pembuatan dan penerapannya cara-cara yang ramah lingkungan dengan proses yang efektif dan efisien dan menghasilkan limbah yang minimal sehingga dapat mengurangi dan mencegah terjadinya pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup.

Untuk kriteria Teknologi Ramah Lingkungan menunjukkan bahwa *eigen vector* tertinggi yang dipilih adalah batas konsentrasi 2 ppm dengan *eigen vector* 0,48. *Eigen vector* terendah adalah untuk batas

konsentrasi 50 ppm sebesar 0,13. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Eigen vector Konsentrasi Terpilih Menurut Teknologi Ramah Lingkungan

Teknologi destruksi PCBs yang pernah diterapkan di Indonesia adalah teknologi kiln semen dan deklorinasi. Kiln semen digunakan dalam salah satu metode pengolahan termal melalui *co-processing*, limbah tersebut dibakar pada suhu tinggi sebagai alternatif bahan bakar. Pembakaran limbah terhalogenasi memerlukan pengaturan yang efektif dalam pembakaran dan kontrol yang ketat untuk emisi yang dihasilkan agar dapat memusnahkan limbah terhalogenasi secara aman karena terdapatnya risiko terciptanya dibenzodioxins dan dibenzofuransis yang sangat beracun.

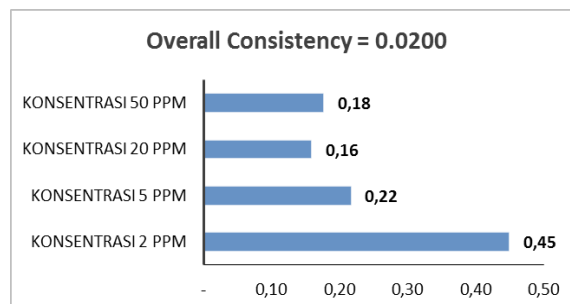
Teknologi Deklorinasi adalah teknologi yang aman, dan efisien untuk menghilangkan PCB secara langsung dalam minyak transformator. Jumlah dan ketinggian puncak residual PCB dalam minyak yang diolah secara bertahap menurun dalam urutan Aroclor 1260, 1254, dan 1242 dengan meningkatkan suhu dan waktu reaksi (Hani dan Assad, 2017). Penggunaan logam sodium sebagai pereaksi efektif untuk menurunkan konsentrasi PCBs, dengan residu berupa termasuk natrium klorida (NaCl), natrium hidroksida (NaOH), polifenil dan air sedangkan minyak hasil pengolahan dapat digunakan kembali setelah melalui prosedur pemisahan sederhana (Simion et al. 2012)..

Berdasarkan tanggapan responden, penerapan salah satu atau kedua teknologi tersebut dianggap mampu untuk menjaga lingkungan, serta dapat memberikan penanganan yang tepat terhadap limbah PCBs yang ada.

Kriteria Efektifitas Penurunan PCBs

Efektifitas Penurunan PCBs adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas dan waktu) telah tercapai, semakin besar presentase target yang dicapai, makin tinggi efektifitasnya (Hidayat,1986).

Berdasarkan hasil analisis AHP terhadap kriteria Efektifitas Penurunan PCBs menunjukkan bahwa konsentrasi 2 ppm lebih dipilih oleh responden dengan *eigen vector* tertinggi sebesar 0,45. Hasil ini menunjukkan bahwa Efektifitas penurunan PCBs dapat tercapai untuk batas konsentrasi 2 ppm. *Eigen vector* terendah terdapat pada batas konsentrasi 20 ppm sebesar 0,16. Hasil analisis menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 8.

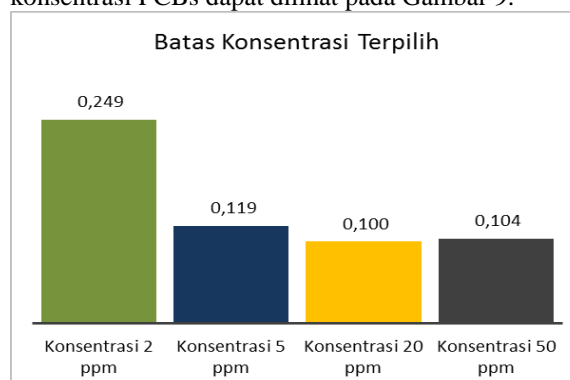


Gambar 8. Eigen vector Konsentrasi Terpilih Menurut Efektifitas Penurunan PCBs

Teknologi yang paling banyak digunakan untuk menghilangkan PCB adalah pembakaran suhu tinggi (lebih dari 1200°C dengan waktu tinggal 2 detik). Cara tersebut telah terbukti menghancurkan PCBs pada tingkat efisiensi 99,9999%, dan meninggalkan abu anorganik, adapun teknologi deklorinasi memiliki efektifitas penghancuran PCB pada minyak transformator sampai konsentrasi <2 ppm (McDowall dan Vijgen, 2007).

3.3 Penentuan Batas Konsentrasi PCBs

Hasil analisis menggunakan AHP untuk batas konsentrasi PCBs terpilih berdasarkan enam kriteria penentu batas konsentrasi PCBs menunjukkan bahwa konsentrasi 2 ppm lebih dipilih dibanding batas konsentrasi lainnya sebesar 0,249, batas konsentrasi kedua yang dipilih adalah 5 ppm sebesar 0,119, batas konsentrasi terpilih ketiga adalah 50 ppm dengan nilai 0,104 dan batas konsentrasi terpilih keempat adalah 20 ppm dengan nilai 0,100. Hasil analisis menggunakan AHP terhadap penentuan batas konsentrasi PCBs dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Batas Konsentrasi PCBs Terpilih

Terpilihnya batas konsentrasi PCBs sebesar 2 ppm disebabkan konsentrasi 2 ppm mendapat *eigen vector* tertinggi dari semua kriteria penentu batas konsentrasi PCBs.

Responden menilai bahwa batas konsentrasi 2 ppm memiliki biaya pengolahan lebih murah, sehingga kesanggupan biaya dari pemilik PCBs untuk memusnahkan PCBs menjadi cukup terjangkau, teknologi ramah lingkungan yang dapat mengolah PCBs dalam minyak transformator sudah tersedia di Indonesia, efektifitas penurunan PCBs melalui teknologi destruksi PCBs dapat mencapai konsentrasi

2 ppm, persepsi pemilik PCBs dan kesadaran pemilik PCBs untuk penentuan batas konsentrasi PCBs sebesar 2 ppm menjadi tertinggi diantara batas konsentrasi yang lain.

Batas konsentrasi 5 ppm terpilih kedua dikarenakan dengan tiga kriteria penentu yang memiliki *eigen vector* tertinggi kedua, yaitu kriteria teknologi ramah lingkungan, kriteria efektifitas penurunan PCBs dan kriteria persepsi pemilik PCBs. Batas konsentrasi 50 ppm terpilih ketiga dengan dua kriteria penentu yang memiliki *eigen vector* tertinggi kedua, yaitu kriteria biaya pengolahan dan kriteria kesanggupan membayar. Batas konsentrasi 20 ppm terpilih keempat dikarenakan hanya ada satu kriteria penentu yang memiliki *eigen vector* tertinggi kedua, yaitu kriteria kesadaran pemilik PCBs.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan AHP diperoleh:

1. Kriteria yang memiliki nilai *eigen vector* tertinggi adalah Biaya Pengolahan PCBs dengan nilai sebesar 0,29, sedangkan kriteria yang memiliki nilai *eigen vector* terendah adalah persepsi pemilik PCBs dengan nilai 0,08.
2. Batas konsentrasi terpilih menurut kriteria biaya pengolahan adalah 2 ppm dengan nilai *eigen vector* 0,49, sedangkan batas konsentrasi 20 ppm adalah pilihan terendah dengan *eigen vector* 0,14.
3. Batas konsentrasi terpilih menurut kriteria kesanggupan membayar adalah 2 ppm dengan nilai *eigen vector* 0,39, sedangkan batas konsentrasi 5 ppm adalah pilihan terendah dengan *eigen vector* 0,15.
4. Batas konsentrasi terpilih menurut kriteria kesadaran pemilik PCBs adalah 2 ppm dengan nilai *eigen vector* 0,31, sedangkan batas konsentrasi 50 ppm adalah pilihan terendah dengan *eigen vector* 0,19.
5. Batas konsentrasi terpilih menurut kriteria persepsi pemilik PCBs adalah 2 ppm dengan nilai *eigen vector* 0,42, sedangkan batas konsentrasi 50 ppm adalah pilihan terendah dengan *eigen vector* 0,13.
6. Batas konsentrasi terpilih menurut kriteria teknologi ramah lingkungan adalah 2 ppm dengan nilai *eigen vector* 0,48, sedangkan batas konsentrasi 50 ppm adalah pilihan terendah dengan *eigen vector* 0,13.
7. Batas konsentrasi terpilih menurut kriteria efektifitas penurunan PCBs adalah 2 ppm dengan nilai *eigen vector* 0,45, sedangkan batas konsentrasi 20 ppm adalah pilihan terendah dengan *eigen vector* 0,16.
8. Batas konsentrasi yang dipilih berdasarkan enam kriteria AHP adalah 2 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, F. (2005). *Perilaku Komunikasi, Persepsi, dan Partisipasi Masyarakat Pantai dalam*

Pengendalian Pencemaran Kota Makassar. Tesis. Program Studi Komunikasi Pembangunan Pertanian dan Perdesaan. IPB. Bogor.

Annisa TM dan Harini R. (2017). *Analisis Kesiediaan Membayar (WTP) Untuk Mendukung Ekowisata Berkelanjutan Di Kawasan Wisata Gua Pindul, Kabupaten Gunungkidul*. *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol. 6 (4): 1-9.

Beroya, M. A. (2000). *Mengenal Lingkungan Hidup Pedoman Untuk memperkuat Rakyat*. Yakoma-PGI. Jakarta.

Drangert, J.O., Nawab, B. (2011). *A cultural-spatial analysis of excreting, recirculation of human excreta and health — The case of North West Frontier Province, Pakistan*. *Health & Place*. 17:57-66.

Edward. (2016). *Kontaminasi senyawa poliklorobifenil (PCB) pada kerang hijau, Perna viridis dari Teluk Jakarta*. *Depik*, 5(1): 24-32.

Erickson, M. D., Kaley, II. R. G. (2011). *Applications of polychlorinated biphenyls*. *Environ Sci Pollut Res*. Volume 18:135–151.

Hani, E. B. dan Assad, MKMEH. (2017). *Halogenated Wastes Safe Disposal: Polychlorinated biphenyls*. *International Journal of Petrochemistry and Research*. Vol 1: 76-78

Hanley, N. dan Splash, C. L. (1993). *Cost of Benefit Analysis and the Environment*. Edward Elgar Publishing Ltd. Cheltenham.

Hidayat. (1986). *Konsep Dasar dan Pengertian Produktivitas Serta Interpretasi Hasil*. Prisma, Jakarta: LP3ES.

Iwata, H., Tanabe, S., Tatsukawa, R. (1993). *Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate*. *Environ. Sci. Tech*. Volume 27: 1080-1098.

Kannan, K., Tanabe, S., Williams, R. J., Tatsukawa, R. (1994). *Persistent organochlorine residues in food stuffs from Australia, Papua New Guinea and the Solomon Island: Contamination levels and human dietary exposure*. *Science of the Total Environment*. Volume 153: 29 – 49.

KLHK. (2017). *Laporan Pelaksanaan Inventarisasi PCBs: Inventarisasi PCBs pada Minyak Transformator Sektor Industri di Pulau Jawa*. KLHK-UNIDO. Jakarta. Laporan tidak diterbitkan.

Larebeke, V. N., Hens, L., Schepens, P., Covaci, A., Baeyens, J., Everaert, K. (2001). *The Belgian PCBs and dioxin incident of January–June 1999: exposure data and potential impact on health*. *Environ Health Perspect*. 2001;109:265–273.

Marimin dan Maghfiroh, N. (2011). *Aplikasi Teknik Pengambilan Keputusan dalam Manajemen Rantai Pasok*. IPB Press. Bogor.

- McDowall, R., Vijgen, J. (2007). *Destruction and Decontamination Technologies for PCBs and Other POPs Wastes Under the Basel Convention. A Training Manual for Hazardous Waste Project Managers. Volume C*. Geneva, Secretariat of the Basel Convention. Switzerland.
- Miller, P. (2000). *The threat of persistent organic pollutants in Alaska. Dalam The Pops Handbook for the United Nations Convention on Persistent Organic Pollutants (M. Lloyd-Smith ed.)*. The International POPs Elimination Network (IPEN).
- Monirith, I., Ueno, D., Takahashi, S., Nakata, H., Sudaryanto, A., Subramanian, A., Subramanian, K., Ismail, A., Muchtar, M., Zheng, J., Richardson, B. J., Prudente, M., Hue, N. D., Tana, T. S., Tkalin, A. V., Tanabe, S. (2003). *Asia-Pacific mussel watch: monitoring contamination of persistent organochlorine compounds in coastal waters of Asian countries. Marine Pollution Bulletin*. Volume 46, Pages 281-300.
- Noegrohati, S., Narsito, Hadi, S., Sanjayadi. (2008). *Fate and Behavior of Organochlorine Pesticides in the Indonesian Tropical Climate: A Study in the Segara Anakan Estuarine Ecosystem*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Pusat Bahasa. (2005). *Kamus Besar Bahasa Indonesia. Ed ke-3*. Jakarta (ID): Balai Pustaka.
- Rinawati. Koike, T., Koike, H., Kurumisawa, R., Ito, M., Sakurai, S., Togo, A., Saha, M., Arifin, Z., Takada, H. (2012). *Distribution, source identification, and historical trends of organic micropollutants in coastal sediment in Jakarta Bay, Indonesia. Journal of Hazardous Materials*. Volume 217– 218: p 208– 216
- Saaty, T. (1994). *Foundamental of Decision Making and priority Theory with the Analytical Hierarchy Process*. RWS Publication. Pitshburgh.
- Secretariat of the Basel Convention. (2003). *Preparation of a National Environmentally Sound Management Plan for PCBs and PCB-Contaminated Equipment*. Basel Convention Series/SBC No. 2003/01.
- Simion, A. M., Miyata, H., Kakeda, M., Egashira, N., Mitoma, Y., Simion, C. (2013). *Direct and complete cleansing of transformer oil contaminated by PCBs. Separation and Purification Technology*. Vol 103: 267–272
- Stockholm Convention. (2001). *Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Secretariat of the Stockholm Convention*. Geneva
- Sudaryanto, A., Takahashi, S., Tanabe, S. (2006). *Persistent Toxic Substances in the Environment of Indonesia. In: Developments in Environmental Science*. Volume 7.
- Sudaryanto, A., Isobe, T., Suzuki, G., Setiawan, I., Ilyas, M., Riyadi, A., Takahashi, S., Tanabe, S., (2009). *Characterization of Brominated Flame Retardants in House Dust and Their Role as Non-Dietary Source for Human in Indonesia. In: Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry - Environmental Research in Asia*. TERRAPUB: 133 – 141.
- Tansatrisna, D. (2014). *Persepsi dan Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga*. Fakultas Ekologi Manusia. IPB. Bogor
- UNEP Chemicals. (1999). *Guideline for the Identification of PCBs and Material Containing PCBs*. UNEP. Geneva.
- Wu, W., Xu, J., Hongmei, Z., Qing, Z., Shijian, L. (2004). *A practical approach to the degradation of polychlorinated biphenyls in transformer oil. Chemosphere*. Volume 60 (2005) 944–950.
- Wurl, O., Potter, J. R., Obbard, J. P., Durville, C. (2006). *Persistent organic pollutants in the equatorial atmosphere over the open Indian Ocean. Environmental Science and Technology*. Volume 40: p1454 – 1461