

KUALITAS UDARA (PM_{10} DAN $PM_{2.5}$) UNTUK MELENGKAPI KAJIAN INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP

AIR QUALITY (PM_{10} AND $PM_{2.5}$) FOR COMPLETING THE ENVIRONMENTAL QUALITY INDEX

Rita¹⁾, Diah Dwiana Lestiani²⁾, Esrom Hamonangan¹⁾, Muhayaton Santoso²⁾, dan Hernani Yulinawati³⁾

(Diterima tanggal 09-03-2015; Disetujui tanggal 15-02-2016)

ABSTRAK

Penentuan kualitas udara ambien dengan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$ menggunakan *Gent Stacked Filter Unit Sampler* dapat diterapkan dalam melengkapi parameter untuk perhitungan kualitas udara yang merupakan bagian dari perhitungan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). IKLH merupakan gambaran atau indikasi awal yang memberikan kesimpulan cepat dari suatu kondisi lingkungan hidup pada lingkup dan periode tertentu. Pada rumusan IKLH yang dipublikasikan oleh KLH sejak tahun 2009-2014, parameter yang digunakan untuk kualitas udara hanya SO_2 dan NO_2 . Penelitian ini bertujuan untuk melengkapi parameter kualitas udara yang digunakan untuk perhitungan IKLH dengan menambahkan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$. Idealnya ada 5 parameter yaitu SO_2 , NO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$, dan O_3 yang mewakili perhitungan kualitas udara untuk IKLH. PM_{10} dan $PM_{2.5}$ merupakan pencemar utama yang memberi dampak besar terhadap kesehatan manusia. WHO menetapkan nilai baku mutu tahunan $20\mu g/m^3$ untuk PM_{10} dan $10\mu g/m^3$ untuk $PM_{2.5}$. Dengan data PM_{10} dan $PM_{2.5}$ dari penelitian ini diharapkan dapat melengkapi parameter Indeks Kualitas Udara (IKU) dalam kajian IKLH mendatang. Penelitian ini menunjukkan hasil simulasi perhitungan menggunakan *AQI calculator* di Provinsi Banten, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Bali diperoleh kriteria "baik" bila hanya dengan parameter SO_2 dan NO_2 . Namun bila ditambahkan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di keempat lokasi tersebut kriterianya menjadi "sedang", kecuali Bali kriterianya tetap "baik". Hal ini menunjukkan bahwa PM_{10} dan $PM_{2.5}$ merupakan parameter sensitif yang berperan dalam menentukan kriteria kualitas udara. Diharapkan dengan memasukkan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$ dapat diperoleh hasil IKU yang mendekati kondisi sebenarnya.

Kata Kunci: IKLH, IKU, *AQI calculator*, partikulat, kriteria

ABSTRACT

The determination of ambient air quality with the parameters of PM_{10} and $PM_{2.5}$ using Gent Stacked Filter Unit Sampler can be applied to complement air pollutant parameters for the air quality calculation, which is part of the Environmental Quality Index (EQI) calculation. The EQI is a representation that gives an early indication or a rapid conclusion of an environmental condition on the specific scope and period. In the EQI formulation issued by the Ministry of Environment through studies since 2009-2014, the parameters used for air quality only SO_2 and NO_2 . This study aimed to comprehend the air quality parameters used for the EQI calculation by adding other parameters such as PM_{10} and $PM_{2.5}$. Ideally there are 5 parameters: SO_2 , NO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$ and O_3 representing air quality calculations for EQI. The PM_{10} and $PM_{2.5}$ are major air pollutants that had a large impact on human health. The WHO set an annual standard for PM_{10} is $20\mu g/m^3$ and for $PM_{2.5}$ is $10\mu g/m^3$. Data of PM_{10} and $PM_{2.5}$ from this study are expected to complete the future EQI study. This study shows the criteria result of the Air Quality Index (AQI) simulation in the Provinces of Banten, Central Java, East Java and Bali using the AQI calculator was "good" if only the parameters of SO_2 and NO_2 . However, when parameters PM_{10} and $PM_{2.5}$ were included, the criteria results become "moderate", except Bali is still "good". This demonstrates that the PM_{10} and $PM_{2.5}$ are sensitive parameters that change the results of air quality criteria. It is hoped by adding parameters of PM_{10} and $PM_{2.5}$ can be obtained AQI approaching real conditions.

Keywords: *Environmental Quality Index, Air Quality Index, AQI calculator, particulate, criteria*

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KL2) – Badan Penelitian Pengembangan dan Inovasi-Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kawasan Puspiptek Serpong, Gd 210, Serpong-Tangerang, Banten 15310

² Pusat Sain dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) – Badan Tenaga Nuklir Indonesia, Jl. Tamansari 71 Bandung

³ Jurusan Teknik Lingkungan-FALTL-Universitas Trisakti, Kampus A Gd.K Lt 7, Jl. Kyai Tapa No.1 Jakarta 11440

PENDAHULUAN

Kualitas lingkungan hidup di suatu wilayah dapat diketahui dengan melakukan perhitungan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). IKLH dapat dijadikan acuan bersama bagi pemangku kepentingan dalam mengukur kinerja institusi pengelola lingkungan hidup di pemerintah pusat dan daerah dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, serta mengukur keberhasilan program pengelolaan lingkungan. Disamping itu IKLH juga sebagai sarana untuk mengevaluasi efektivitas program-program pengelolaan lingkungan dalam hal: (1) membantu perumusan kebijakan, (2) membantu mendisain program, dan (3) mempermudah komunikasi dengan publik tentang kondisi lingkungan [1].

IKLH merupakan gambaran atau indikasi awal yang memberikan kesimpulan cepat dari suatu kondisi lingkungan hidup pada lingkup dan periode tertentu. Fokus IKLH sebelumnya adalah pada media lingkungan (air, udara dan lahan/tutupan hutan) dan penyempurnaan metodologi perhitungan dan kriteria baku mutu, sehingga diharapkan dapat mencapai kualitas lingkungan hidup yang mendekati kondisi nyata di lapangan. KLH sejak tahun 2009 telah mengembangkan IKLH berbasis provinsi yang pada dasarnya merupakan modifikasi dari *Environmental Performance Index* (EPI). Kerangka IKLH yang diadopsi adalah yang dikembangkan oleh *Virginia Commonwealth University* (VCU), Biro Pusat Statistik (BPS), dan KLH menggunakan kualitas air sungai, udara, dan tutupan hutan sebagai indikator [1].

Pada tatanan perencanaan pembangunan, di dalam PP No. 43 Tahun 2014 tentang

Rencana Kerja Pemerintah (RKP) Tahun 2015 ditetapkan target IKLH sebesar 64,5 dan dalam Rancangan Teknokratik Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 IKLH menjadi ukuran utama untuk mencapai Sasaran Pokok Pembangunan Nasional. Langkah pencapaian RPJMN 2015-2019 telah terangkum dalam Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) 2015-2019. Salah satu sasaran strategisnya yaitu menjaga kualitas lingkungan hidup untuk meningkatkan daya dukung lingkungan, ketahanan air dan kesehatan masyarakat, dengan indikator kinerja IKLH berada pada kisaran 66,5-68,6 pada tahun 2019 [2].

Penyempurnaan IKLH dapat dilakukan melalui penguatan sistem pemantauan dan peningkatan kualitas lingkungan hidup. Selain mendukung RPJMN 2015-2019, salah satu judul penelitian “Partikulat (PM_{10} dan $PM_{2,5}$) di Udara Ambien untuk Indeks Pencemar Udara (IPU) dalam Perhitungan IKLH” yang terdapat di dalam Rencana Penelitian dan Pengembangan Integratif (RPPI)-10 Kualitas Lingkungan untuk IKLH dan Indonesian Standard and Testing Method for Environment (ISTM) ini juga memperhatikan Indikator Kinerja Kegiatan (IKK) Eselon 1 Badan Litbang dan Inovasi, serta roadmap penelitian dan pengembangan Badan Litbang dan Inovasi (tahun 2010-2025). Penelitian ini mendukung IKK dan Indikator Kinerja Program (IKP) Eselon I KLHK Program Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P8) dan Program Pengendalian dan Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan (P10) [3].

Dalam pengkajian formulasi IKLH terkait indikator dan parameter kualitas udara harus berdasarkan acuan ilmiah yang ada. Indeks kualitas udara/lingkungan sangat penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat maupun pengambil kebijakan agar memahami permasalahan udara. Pengelolaan kualitas udara terpadu merupakan kombinasi dari peraturan, kesadaran dan peningkatan kapasitas, dan kemitraan dari pemangku kepentingan untuk sama-sama berkontribusi meningkatkan kualitas udara kota [4]. Kualitas udara dipengaruhi oleh pencemaran udara. Penyebab pencemaran udara terbagi menjadi dua yaitu polutan berbentuk partikel dan gas-gas. Partikel pencemar dapat berupa *total suspended particulate*/partikel tersuspensi total (TSP) dengan ukuran diameter partikel sampai dengan 100 μ m, partikel berdiameter kurang dari 10 μ m (PM₁₀), dan partikel berdiameter kurang dari 2.5 μ m (PM_{2,5}); sedangkan gas-gas pencemar dapat berupa sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), oksidan/ozon permukaan (O₃), dan lainnya [4,5]. Pada Lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara terdapat beberapa parameter baku mutu udara ambien diantaranya debu atau TSP, PM_{2,5}, PM₁₀, serta logam timbal (Pb) [4].

Pada perhitungan IKLH sebelumnya menggunakan pembagian pembobotan 30% Indeks Pencemar Udara (IPU), 30% Indeks Pencemar Air (IPA), dan 40% Indeks Tutupan Hutan (ITH). Kualitas udara dihitung berdasarkan ketersediaan data yang ada, yaitu dua parameter gas SO₂ dan NO₂ yang diperoleh dari metode *passive sampler*. Berdasarkan data IKLH 2011-2014, untuk Indeks Kualitas

Udara (IKU) Nasional tahun 2011 berada pada angka 84,32, tahun 2012 pada angka 79,61, tahun 2013 pada angka 80,17, dan tahun 2014 dengan angka 80,54, semua IKU tersebut berada pada kategori baik ($74 < x \leq 82$) dan sangat baik ($82 < x \leq 90$) [1,4]. Status tersebut belum mendekati kondisi udara pada kenyataannya, terutama di kota-kota besar, telah banyak laporan penelitian yang mengkaji kualitas udara perkotaan dan beberapa hasilnya sudah sangat memprihatinkan.

Menurut kriteria Indeks Kualitas Lingkungan (IKL) berdasarkan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) indikator lingkungan harus mampu menyediakan gambaran yang representatif dari kondisi lingkungan atau tekanan terhadap lingkungan dan respon publik, serta peka terhadap perubahan lingkungan dan perubahan aktivitas manusia yang terkait perubahan lingkungan tersebut. IKL yang dibuat bukan berdasarkan ketersediaan data lagi, namun berdasarkan indikator apa yang seharusnya diukur [5]. Penelitian ini bertujuan untuk menyempurnakan perhitungan indeks kualitas udara dengan menambahkan parameter PM₁₀ dan PM_{2,5} dalam perhitungan IKLH disamping menggunakan parameter SO₂, dan NO₂ yang ada. Dengan penambahan parameter PM₁₀ dan PM_{2,5} diharapkan bisa terlihat perbedaan yang nyata pada hasil akhir perhitungan IKLH nantinya, seperti halnya yang telah disimulasikan pada *Air Quality Index (AQI) calculator* [8].

Hasil kriteria AQI akan berbeda jika parameter partikulat dimasukkan atau dikeluarkan dari perhitungan. Dapat diasumsikan bahwa parameter partikulat merupakan parameter yang sensitif yang dapat menggambarkan

perubahan kondisi lingkungan/udara. Dengan kebutuhan akan data PM_{10} dan $PM_{2.5}$ untuk perhitungan IKLH, penelitian ini juga mendorong pemerintah setempat untuk melakukan pengukuran PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di daerahnya. Dasar pemilihan indikator dan parameter udara yang penting dan sesuai harus mempertimbangkan tujuannya (untuk kesehatan mengacu pada World Health Organization/WHO), penelitian terkini (kaitannya dengan perubahan iklim), pertimbangan terkait pemantauan kualitas udara (*existing, planning, capability*), Indeks Standar Pencemaran Udara/ISPU yang berlaku, serta pertimbangan harmonisasi indeks di tingkat nasional, regional, dan global sehingga memberikan perbandingan yang lebih tepat [4,5].

Pelaksanaan kegiatan penelitian ini disinergikan dengan kegiatan salah satu penelitian di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dalam pemantauan kualitas udara ambien yang menggunakan peralatan sampling *Gent Stacked Filter Unit Sampler* dengan tujuan dapat menentukan parameter PM_{10} , dan $PM_{2.5}$, *black carbon* (BC) serta beberapa unsur yang terkandung di dalam PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di udara ambien [7]. Dalam hal ini Pusat Penelitian Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL) telah melakukan kerjasama dengan BATAN dalam hal pemantauan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ sejak tahun 2008-sekarang. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan data PM_{10} dan $PM_{2.5}$ dalam perhitungan IKU untuk IKLH.

Hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan oleh pengambil kebijakan dalam pengendalian pencemaran udara untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup di

Indonesia, khususnya kualitas udara, baik dari segi perhitungan IKU yang digunakan pada perhitungan IKLH mendatang maupun dari segi program pengendalian pencemaran udara. Penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi berbasis ilmiah dalam merumuskan, mengambil tindakan dan kebijakan yang tepat dan terarah untuk mengatasi permasalahan pencemaran udara serta melengkapi dan merevisi peraturan pemerintah terkait baku mutu kualitas udara ambien di Indonesia. Sinergi lintas kelembagaan yang telah dibangun diharapkan dapat terus berkesinambungan agar kualitas udara Indonesia menjadi lebih baik.

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Data SO_2 dan NO_2 yang digunakan diperoleh dari hasil pemantauan Pusarpedal-KLH pada tahun 2014. Pemantauan kualitas udara ini menggunakan metode *passive sampler* [8] yang dilakukan di 4 lokasi sampling, yaitu: transportasi, industri, pemukiman, dan perkantoran. Pada penelitian ini digunakan data dari 4 Provinsi:

1. Provinsi Banten terdiri dari 3 lokasi yaitu: Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang, dan Kota Tangerang Selatan.
2. Provinsi Jawa Tengah terdiri dari 19 lokasi yaitu: Banjarnegara, Banyumas, Boyolali, Kota Cilacap, Demak, Jepara, Karanganyar, Klaten, Pati, Kota Pekalongan, Pemalang, Purworejo, Sragen, Sukoharjo, Wonosobo, Kota Salatiga, Kota Surakarta, dan Kota Semarang.
3. Provinsi Jawa Timur terdiri dari 15 lokasi yaitu: Prov. Jawa Timur,

Gresik, Jombang, Magetan, Mojokerto, Nganjuk, Pasuruan, Probolinggo, Sidoarjo, Tuban, Tulungagung, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Madiun, dan Kota Malang.

4. Provinsi Bali terdiri dari 10 lokasi yaitu: Prov. Bali, Badung, Bangli, Buleleng, Gianyar, Jembrana, Karangasam, Klungkung, Tambanan, dan Kota Denpasar.

Di setiap lokasi diperoleh nilai rerata SO₂ dan NO₂, dan data ini siap diolah menggunakan *AQI calculator*.

Data PM₁₀ dan PM_{2,5} yang digunakan berasal dari pemantauan Pusarpedal-KLH bekerjasama dengan Pusat Sain dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT)-BATAN Bandung. Sampling PM_{2,5} dan PM₁₀ menggunakan *Gent Stacked Filter Unit sampler* yang merupakan *dichotomous sampler* dengan dua filter polikarbonat *nuclepore* halus dan kasar yang berpori-pori masing-masing 0,4 dan 8µm. Hasil sampling berupa partikulat dengan ukuran hingga 2,5µm (filter halus) dan antara 2,5-10µm (filter kasar) [7]. Sampling dilakukan selama 24 jam. Pada penelitian ini digunakan data tahun 2014 dengan lokasi sampling yang sama/mendekati pemantauan *passive sampler*. Di setiap lokasi ada ±50 data PM₁₀ dan PM_{2,5} selama satu tahun.

Pengolahan data

Pengolahan data menggunakan *Air Quality Index (AQI) calculator* (yang dibuat oleh Sarath Guttikunda dengan mengacu kepada US-EPA) dalam format sudah dalam Excel [4,9]. Prinsip perhitungan *AQI calculator* pada dasarnya serupa dengan KepKaBapedal No. 107 Tahun 1997 tentang Indeks Standar

Pencemar Udara (ISPU) yang telah mengikuti aturan yang berlaku secara internasional, yaitu:

$$I = [(Ia-Ib)/(Xa-Xb)] (Xx-Xb) + Ib$$

Keterangan:

I = ISPU terhitung

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = Ambien batas atas

Xb = Ambien batas bawah

Xx = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

Yang berbeda adalah penentuan skala dan kategori/kriteria AQI, Indonesia menyatakan jika AQI lebih dari 300 sebagai “berbahaya”, US-EPA menggunakan skala AQI 0-500, sedangkan Guttikunda hanya menggunakan AQI 0-300 (sebagian dari US-EPA). Intinya adalah merubah konsentrasi pengukuran menjadi angka di antara skala itu. Penentuan skala biasanya mengacu kepada baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan terkait dengan dampaknya terhadap kesehatan. AQI ditetapkan berdasarkan polutan dengan indeks tertinggi, kemudian dikaitkan dampaknya terhadap kesehatan. AQI tidak bersifat linear, jadi AQI 200 tidak berarti konsentrasi pencemarnya dua kali dibanding AQI 100.

Simulasi pertama dengan memasukkan data parameter SO₂ dan NO₂ ke dalam *AQI calculator*, nilai AQI dicatat, kemudian dilanjutkan dengan simulasi kedua yaitu memasukkan data parameter SO₂, NO₂, PM₁₀, dan PM_{2,5} ke dalam *AQI calculator*. Masing-masing hasil keluaran disimpan dengan nama *file* yang berbeda dan kemudian dibandingkan. Dengan melihat perbandingan data hasil simulasi pertama dan kedua, akan diperoleh hasil yang menunjukkan perbedaan antara AQI yang menggunakan parameter SO₂ dan

NO₂ saja, dengan AQI yang menggunakan 4 parameter: SO₂, NO₂, PM₁₀, dan PM_{2.5}. Berdasarkan perbedaan kedua hasil tersebut dapat direkomendasikan untuk mempertimbangkan parameter PM₁₀ dan PM_{2.5} sebagai parameter yang dimasukkan ke dalam perhitungan IKU. Perlu diingat format perhitungan IKU dalam IKLH tidak sama dengan perhitungan AQI. Makin tinggi skala AQI, makin buruk kualitas udaranya. Sedangkan IKU dalam IKLH menggunakan skala 0-100, makin tinggi skalanya berarti makin baik. Jadi nantinya perlu ada konversi dalam penerapan hasil perhitungan AQI (ISPU) ke dalam IKU (IKLH).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari simulasi AQI *calculator* diperoleh hasil sebagai berikut pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat perbedaan yang signifikan dari hasil perhitungan AQI menggunakan hanya parameter SO₂ dan NO₂ dengan hasil perhitungan AQI yang menggunakan parameter SO₂, NO₂, PM₁₀ dan PM_{2.5}. Hasil simulasi tersebut

menggambarkan bahwa parameter partikulat berpengaruh dan sensitif memberi perubahan kriteria AQI, dan parameter partikulat yang cenderung lebih berpengaruh adalah PM_{2.5}. Laporan WHO 12 Mei 2016 tentang kualitas udara ambien global juga hanya menggunakan parameter PM₁₀ dan PM_{2.5} sebagai database pemantauan karena PM₁₀ dan PM_{2.5} merupakan pencemar utama yang memberi dampak besar terhadap kesehatan manusia [10].

SIMPULAN

Hasil simulasi perhitungan Indeks Kualitas Udara (IKU) di Provinsi Banten, Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Jawa Timur dan Provinsi Bali menggunakan AQI *calculator* diperoleh kriteria “baik” bila hanya dengan parameter SO₂ dan NO₂. Namun bila ditambahkan parameter PM₁₀ dan PM_{2.5} akan diperoleh kriteria “sedang”, kecuali Provinsi Bali tetap pada kriteria “baik”. Hal ini menunjukkan bahwa PM₁₀ dan PM_{2.5} merupakan parameter sensitif yang dapat merubah hasil kriteria kualitas

Tabel 1. Hasil perhitungan AQI yang menggunakan parameter SO₂ dan NO₂

| Nama Provinsi | SO ₂ (µg/m ³) | NO ₂ (µg/m ³) | Kondisi Pencemar | AQI | Kriteria |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-----|----------|
| Banten | 1,60 | 46,47 | SO ₂ | 1 | Baik |
| Jawa Tengah | 0,48 | 16,50 | SO ₂ | 0 | Baik |
| Jawa Timur | 0,71 | 21,64 | SO ₂ | 0 | Baik |
| Bali | 0,41 | 13,64 | SO ₂ | 0 | Baik |

Tabel 2. Hasil perhitungan AQI yang menggunakan parameter SO₂, NO₂, PM₁₀ dan PM_{2.5}

| Nama Provinsi | SO ₂ (µg/m ³) | NO ₂ (µg/m ³) | PM ₁₀ (µg/m ³) | PM _{2.5} (µg/m ³) | Kondisi Pencemar | AQI | Kriteria |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------|-----|----------|
| Banten | 1,60 | 46,47 | 43,99 | 22,12 | PM _{2.5} | 64 | Sedang |
| Jawa Tengah | 0,48 | 16,50 | 28,14 | 16,09 | PM _{2.5} | 52 | Sedang |
| Jawa Timur | 0,71 | 21,64 | 38,57 | 16,71 | PM _{2.5} | 53 | Sedang |
| Bali | 0,41 | 13,64 | 30,35 | 13,90 | PM _{2.5} | 45 | Baik |

Keterangan Kisaran AQI: 0-50: Baik, 51-100: Sedang, 101-150: Tidak Sehat untuk Kelompok yang Sensitif, 151-200: Tidak Sehat, 201-300: Sangat Tidak Sehat.

udara. Diharapkan dengan memasukkan parameter PM₁₀ dan PM_{2,5} dapat diperoleh hasil IKU yang lebih mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana atas kerjasama Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL) dengan Pusat Sain dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT)-BATAN.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2013. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2013. Jakarta. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- (2) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2014. Rencana Strategis 2015-2019.
- (3) Badan Litbang dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Lingkungan. Rencana Strategis Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi-KLHK 2015-2019.
- (4) Yulinawati, Hernani. Indeks Kualitas Udara. Bahan Diskusi. Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti. 2015 Desember 4.
- (5) Lohani BN. Environmental Quality Management. Thailand: South Asian Publishers, 1984.
- (6) Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- (7) PUSARPEDAL-Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. Buku Laporan Kajian Logam Berat Tahun 2013. Serpong-Tangerang Selatan.
- (8) PUSARPEDAL-Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. Pencemar Udara dan Sumber Bahan Pencemarnya. Bahan Presentasi pada Sosialisasi Passive Sampler, Palembang: 25 Juli 2013.
- (9) Guttikunda S. Air Quality Index (AQI) Calculator. Diunduh 2015 September. Tersedia: <http://www.urbanemissions.info/model-tools/aqi-calculator.html>
- (10) World Health Organization. WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016). Geneva. Diunduh: 2016 Mei. Tersedia: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/