**Science and Applied Journal (SIAP)**
**Vol 3 (2) 2026 : 256 - 272**

# *MODERNIZATION OF STATIONARY-SOURCE EMISSION STANDARDS LAW: THE URGENCY OF AMENDING MINISTERIAL DECREE NO. KEP-13/MENLH/3/1995 FOR THE PULP AND PAPER INDUSTRY*

# MODERNISASI HUKUM BAKU MUTU EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK: URGENSI PERUBAHAN KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR KEP-13/MENLH/3/1995 PADA INDUSTRI PULP DAN KERTAS

**Feby Dian Permana, Agus Satory**
Universitas Pakuan Bogor, Indonesia
febydianpermana@yahoo.co.id
**Corresponding Author*

***ABSTRACT***
*Ministerial Decree No. KEP-13/MENLH/3/1995 established an early framework for stationary-source emissions, while current air-quality governance also covers sector-specific standards, technical approvals, automated monitoring, and emissions-data integration through SISPEK. Using the pulp and paper industry as its primary case study, this article examines the coherence of the 1995 decree with Government Regulation No. 22 of 2021 and later monitoring instruments. It applies normative legal research through statutory, conceptual, and technical-document analysis. The article distinguishes two reform objects: the substantive emission standards and the monitoring system and methods. Industry materials are used to identify issues, not as a representative dataset. It proposes a risk-based evaluation framework addressing legal certainty, process relevance, method and laboratory feasibility, cost proportionality, data accountability, and enforcement needs. The framework differentiates continuous, periodic, and material- or process-triggered monitoring, but has not been validated across facilities and sets no numerical thresholds. Its contribution is an initial adaptive emission-regulation model linking parameter relevance to evidence quality and review mechanisms. Technical validation and stakeholder consultation are required before implementation.*
***Keywords: emission standards; CEMS; environmental law; pulp and paper industry; SISPEK.***

**ABSTRAK**
Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-13/MENLH/3/1995 menjadi titik awal pengaturan emisi sumber tidak bergerak, tetapi kerangka pengendalian udara kini juga mencakup standar sektoral, persetujuan teknis, pemantauan otomatis, dan integrasi data melalui SISPEK. Dengan industri pulp dan kertas sebagai studi kasus utama, artikel ini menelaah sejauh mana pengaturan tahun 1995 koheren dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan instrumen pemantauan yang lebih baru. Penelitian hukum normatif ini menggunakan pendekatan perundang-undangan, konseptual, dan analisis dokumen teknis. Dua objek reformasi dibedakan: substansi baku mutu emisi, serta sistem dan metode pemantauannya. Bahan kajian industri digunakan untuk memetakan isu, bukan sebagai dataset representatif. Artikel mengusulkan kerangka evaluasi berbasis risiko yang menilai kepastian hukum, relevansi proses, kelayakan metode dan laboratorium, proporsionalitas biaya, akuntabilitas data, serta kebutuhan penegakan. Kerangka tersebut membedakan pemantauan kontinu, berkala, dan berbasis pemicu bahan atau proses, tetapi belum diuji lintas fasilitas dan tidak menetapkan nilai ambang numerik. Kontribusinya adalah model awal regulasi emisi adaptif yang menghubungkan relevansi parameter dengan mutu bukti dan mekanisme evaluasi. Model ini merupakan rekomendasi konseptual yang memerlukan validasi teknis dan konsultasi pemangku kepentingan sebelum diterapkan.

**Kata kunci: baku mutu emisi; CEMS; hukum lingkungan; industri pulp dan kertas; SISPEK.**

SIAP,3 (2) 2026 : 256- 272, https://journal.ppipbr.com/index.php/siap | DOI: https://doi.org/…
Copyright © 2026 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license.

## 1. PENDAHULUAN

Baku mutu emisi adalah instrumen pencegahan yang menerjemahkan tujuan perlindungan udara ke dalam kewajiban terukur bagi sumber pencemar (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Pasal 197, 2021). Norma ini menentukan polutan yang dikendalikan, batas konsentrasi, kondisi referensi, metode pembuktian, dan tindak lanjut apabila terjadi pelampauan. Tanpa rumusan teknis yang jelas, kewajiban lingkungan sulit diterapkan secara konsisten oleh pelaku usaha, laboratorium, dan pengawas. Sebaliknya, standar yang tidak ditinjau dalam waktu lama dapat kehilangan kecocokan terhadap proses dan teknologi pengendalian yang telah berubah (Fisher et al., 2013; Sands et al., 2018).

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-13/MENLH/3/1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak (selanjutnya Kepmen 13/1995) menetapkan parameter dan batas emisi untuk beberapa kegiatan, termasuk pulp dan kertas. Status dan keberlakuan setiap ketentuan sektoral perlu diperiksa bersama aturan yang lebih baru; artikel ini tidak mengasumsikan bahwa seluruh lampiran 1995 tetap berlaku atau seluruhnya telah dicabut. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 memberikan definisi baku mutu emisi sebagai batas/kadar polutan yang ditenggang untuk dimasukkan ke udara, sedangkan PP 22/2021 mengatur standar teknis pemenuhan, pemantauan, dan pengawasan (UU 32/2009, Pasal 20 ayat (2) huruf e; PP 22/2021, Pasal 197).

Industri pulp dan kertas memiliki sumber emisi yang heterogen. Pabrik terintegrasi dapat mengoperasikan recovery boiler, lime kiln, smelt dissolving tank, digester, bleaching plant, chemical plant, serta pembangkit yang memakai batubara, biomassa, atau campuran bahan bakar. Sumber pembakaran menghasilkan profil pencemar yang berbeda dari proses kimia tertutup maupun ventilasi proses. Satu daftar parameter seragam berisiko terlalu luas pada sumber tertentu dan tidak mencakup pencemar material pada sumber lain. Klasifikasi berdasarkan nama fasilitas saja belum cukup; hubungan antara proses, bahan baku, bahan bakar, dan jalur emisi perlu dinyatakan.

Kajian teknis yang menjadi bahan awal artikel memuat usulan peninjauan parameter opasitas, O2, Cl2, ClO2, TRS, partikulat, SO2, Nox, O2 dan parameter pembangkit. Karena itu, artikel ini memperlakukan temuan tersebut sebagai hipotesis kebijakan yang memerlukan verifikasi independen. Bahan hukum pasca-1995 mengubah tata kelola pengendalian udara. PP 22/2021 mengatur perlindungan mutu udara dan menetapkan kerangka pemenuhan baku mutu emisi. Permen LHK 13/2021 mengatur Sistem Informasi Pemantauan Emisi Industri Secara Terus Menerus (SISPEK), termasuk integrasi hasil pemantauan dan pengendalian mutu. Permen LHK 15/2019 menetapkan standar khusus pembangkit listrik tenaga termal. Ketiga instrumen tersebut membuat hubungan antara standar substantif dan sistem pengukuran menjadi semakin penting.

Kesenjangan penelitian terletak pada kebutuhan menghubungkan pembacaan hierarki dan daya berlaku norma dengan relevansi parameter spesifik proses dan tata kelola data digital. Artikel ini menawarkan kerangka evaluasi legal-teknis untuk menilai risiko, kecocokan proses, mutu bukti, kelayakan metode, dan proporsionalitas biaya. Matriks tersebut merupakan perangkat konseptual awal, bukan rancangan norma yang sudah operasional: ambang kuantitatif, frekuensi baku, dan pemicu wajib harus ditetapkan setelah tersedia data lintas fasilitas, analisis risiko, dan konsultasi. Klaim kebaruan dibatasi pada integrasi unsur hukum, teknis, dan akuntabilitas data; efektivitasnya belum diuji empiris.

### Rumusan masalah dan tujuan

1. Bagaimana kedudukan Kepmen 13/1995 setelah berlakunya rezim perlindungan dan pengelolaan mutu udara yang lebih baru?

2. Apa kesenjangan pengaturan pemantauan emisi pada industri pulp dan kertas, terutama terkait klasifikasi sumber, pemilihan parameter, pemantauan otomatis, dan SISPEK?

3. Bagaimana model pembaruan yang menjamin kepastian hukum, proporsionalitas, kehati-hatian?

Tujuan artikel adalah menjawab ketiga pertanyaan tersebut dan menyusun rekomendasi struktur pengaturan yang dapat dipakai dalam proses perubahan regulasi.

Ruang lingkup pembahasan dibatasi pada emisi sumber tidak bergerak dari proses pulp dan kertas terintegrasi, kegiatan kimia penunjang, serta unit pembangkit termal dalam kompleks industri. Artikel tidak menghitung ulang konsentrasi emisi atau menilai dampak kesehatan pada lokasi tertentu karena data mentah dan parameter lingkungan ambien tidak tersedia. Rekomendasi tidak menetapkan angka baku mutu baru; penetapan angka memerlukan kajian teknis, paparan, kapasitas teknologi, dan proses pembentukan peraturan yang transparan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian hukum normatif yang bersifat preskriptif-analitis. Bahan hukum primer meliputi Kepmen 13/1995, Undang-Undang 32/2009 sebagaimana telah diubah, PP 22/2021, Permen LHK 15/2019, dan Permen LHK 13/2021. Pembacaan dilakukan secara tekstual dan sistematis untuk mengidentifikasi objek, kewajiban, relasi antaraturan, dan konsekuensi pemantauan. Bahan sekunder berupa literatur hukum lingkungan, teori regulasi adaptif, serta dokumen teknis yang disebut dalam sumber proposal dan kajian industri.

Pendekatan perundang-undangan digunakan untuk menilai koherensi vertikal dan horizontal. Pendekatan konseptual menguji kepastian hukum, kehati-hatian, pencemar membayar, proporsionalitas, dan tata kelola adaptif. Perlindungan yang tidak mengalami kemunduran diperlakukan sebagai pertimbangan kebijakan, bukan veto hukum positif yang berdiri sendiri. Analisis dokumen memetakan proses dan parameter dalam bahan industri: recovery boiler, lime kiln, smelt dissolving tank, digester, bleaching, chemical plant, serta power boiler. Perbandingan internasional terbatas pada prinsip BAT dan tata kelola emisi, bukan pemindahan angka batas, mengingat perbedaan hukum, proses, metode, dan kapasitas pelaksanaan.

Analisis dilakukan dalam empat tahap. Pertama, inventarisasi norma dan pemetaan hubungan antara standar emisi, persetujuan teknis, pemantauan, dan pelaporan. Kedua, klasifikasi sumber menurut mekanisme emisi: pembakaran, reaksi proses, penanganan bahan, dan emisi fugitive. Ketiga, pengujian parameter melalui dasar hukum, keterkaitan proses, potensi bahaya, keterukuran, dan kebutuhan pengawasan. Keempat, perumusan pilihan regulasi beserta pengaman transisi. Dokumen internal dipakai sebagai data sekunder yang bersifat ilustratif; klaim kuantitatifnya tidak diperlakukan sebagai representasi populasi industri.

Keterbatasan penelitian meliputi tidak tersedianya dataset CEMS mentah, hasil laboratorium terakreditasi per cerobong, rincian metode analisis, informasi batas deteksi dan kuantifikasi, komposisi bahan bakar representatif, data kapasitas laboratorium dan layanan teknis lokal, serta biaya operasi yang dapat diverifikasi. Dokumen awal memuat grafik dan tabel ringkasan, tetapi data tersebut tidak dapat diuji ulang secara independen di sini. Tidak dilakukan wawancara regulator, masyarakat terdampak, atau laboratorium. Konsekuensinya, artikel menyimpulkan kebutuhan desain dan pembuktian, bukan nilai numerik baku mutu, status teknis parameter tertentu pada seluruh pabrik, atau besaran penghematan biaya. Batasan ini penting agar rekomendasi hukum tidak melampaui daya dukung bukti.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kedudukan Kepmen 13/1995 dalam kerangka hukum saat ini

PP 22/2021 mengatur penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan mutu udara dalam satu kerangka yang mencakup persetujuan lingkungan, standar pemenuhan, pemantauan, pembinaan, pengawasan, serta sanksi administratif (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, khususnya Pasal 197). Bagi sumber tidak bergerak, baku mutu bekerja bersama persetujuan teknis

dan kewajiban operasional. Oleh karena itu, standar 1995 tidak dibaca secara terisolasi: lampiran yang masih digunakan harus selaras dengan struktur kewajiban dan mekanisme pengawasan PP 22/2021. Bila instrumen lama tidak menyediakan prosedur validasi dan pengelompokan sumber yang memadai, pengaturan baru perlu melengkapinya secara eksplisit.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 menetapkan rezim sektoral bagi pembangkit listrik tenaga termal, termasuk kategori pembangkit biomassa dan bahan bakar campuran (Permen LHK P.15/2019). Keberadaan standar sektoral ini menciptakan kebutuhan batas yang tegas antara pembangkit yang merupakan bagian dari fasilitas pulp dan kertas dengan unit proses produksi yang diatur oleh standar industri. Untuk menghindari standar ganda atau celah, regulasi perubahan harus menyebut aturan mana yang berlaku bagi setiap unit berdasarkan fungsi, konfigurasi, kapasitas, jenis bahan bakar, dan status operasi pembangkit.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 13 Tahun 2021 mengatur SISPEK sebagai sistem penerima dan pengelola data CEMS (Permen LHK 13/2021). Regulasi ini juga mensyaratkan pengendalian dan jaminan mutu, termasuk kalibrasi serta pemenuhan validitas data. Implikasi hukumnya adalah bahwa parameter yang diwajibkan secara kontinu harus dapat diukur secara andal dalam matriks gas buang yang bersangkutan. Namun kelayakan teknis pengukuran bukan satu-satunya kriteria penghapusan: apabila suatu parameter penting tetapi belum layak diukur kontinu, pemantauan manual berkala atau metode alternatif dapat dipertahankan dengan dasar dan prosedur yang jelas.

Asas lex superior dan lex specialis merupakan kaidah penafsiran untuk menyelesaikan konflik norma, bukan dasar tunggal untuk menyimpulkan pencabutan seluruh Kepmen. Pasal 7 dan Pasal 8 Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011, sebagaimana diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022, mengatur hierarki serta pengakuan peraturan yang dibentuk berdasarkan kewenangan atau perintah peraturan yang lebih tinggi; penerapannya tetap memerlukan pemeriksaan bentuk, materi muatan, kewenangan, ruang lingkup, dan ketentuan pencabutan. Putusan Mahkamah Konstitusi membedakan konflik hierarkis dari hubungan aturan umum-khusus (UU 12/2011 jo. UU 13/2022, Pasal 7–8; Mahkamah Konstitusi, Putusan No. 65/PUU-XIV/2016). Karena itu, aturan pembaruan perlu menyebut dengan tegas ketentuan dan lampiran yang dicabut atau diganti serta pengaturan transisi bagi persetujuan yang telah diterbitkan.

Dari sisi kepastian hukum, norma teknis perlu menghindari istilah yang membuka banyak tafsir. Setiap parameter harus disertai nama kimia dan rumus yang tepat, satuan, basis kering atau basah, kondisi suhu dan tekanan, koreksi oksigen bila relevan, waktu rata-rata, metode rujukan, batas deteksi yang disyaratkan, serta perlakuan atas data hilang. Singkatan seperti TRS perlu dijelaskan sebagai total reduced sulfur dan dinyatakan metode ekuivalen pengukurannya. Kesalahan nomenklatur pada lampiran dapat menimbulkan konsekuensi serius bagi validitas pemeriksaan dan pembuktian pelanggaran.

**2. Prinsip evaluasi pembaruan standar**

Kepastian hukum menuntut agar kewajiban dapat diketahui sebelumnya dan diterapkan sama pada fasilitas dengan karakter yang sebanding. Klasifikasi berdasarkan proses dan bahan bakar lebih dapat diprediksi daripada daftar generik yang tidak menjelaskan sumber mana yang masuk kategori tertentu. Kepastian juga menghendaki keterhubungan antara baku mutu, metode ukur, kondisi referensi, persetujuan teknis, dan pelaporan. Perubahan yang hanya mengganti daftar parameter tanpa memperbaiki definisi sumber berisiko memindahkan ketidakpastian ke tahap pengawasan.

Prinsip kehati-hatian relevan ketika bukti ilmiah belum lengkap namun terdapat potensi bahaya serius atau tidak dapat dipulihkan (Sands et al., 2018). Prinsip ini tidak mengharuskan

semua zat dipantau dengan CEMS tanpa mempertimbangkan efektivitas. Hasil non-detect adalah data tersensor, bukan nilai nol; interpretasinya perlu mempertimbangkan batas deteksi dan kuantifikasi, jumlah serta representativitas sampel, kondisi operasi, variasi bahan baku, dan ketidakpastian. Prosedur yang lebih operasional ialah membandingkan batas atas hasil tersensor dengan tingkat yang relevan bagi keputusan, mengulang pengukuran pada variasi operasi yang mewakili, dan menggunakan pemicu perubahan bahan bakar/proses atau insiden. Jika hasil berulang yang valid menunjukkan risiko rendah dan proses stabil, regulator dapat menurunkan frekuensi pemantauan dengan syarat serta pemicu evaluasi ulang yang jelas. Dengan demikian, pilihan kebijakan tidak terbatas pada pemantauan manual penuh atau penghapusan parameter terkait.

Non-regression dalam artikel ini digunakan sebagai prinsip evaluatif: perubahan norma tidak boleh mengurangi perlindungan nyata tanpa justifikasi berbasis bukti, alternatif pengendalian, dan mekanisme koreksi. Prinsip tersebut tidak diperlakukan sebagai larangan mutlak untuk mengubah metode atau menghapus parameter yang benar-benar tidak relevan. Penghapusan dapat dipertimbangkan bila studi menunjukkan tidak ada jalur pembentukan atau pelepasan yang material dalam kondisi operasi normal maupun tidak normal, metode uji cukup sensitif, dan risiko sisa dapat dikelola dengan parameter pengganti atau pemantauan berbasis pemicu.

Uji proporsionalitas meminta pembuat kebijakan menjelaskan tujuan, kecocokan, kebutuhan, dan keseimbangan beban-manfaat. Banyaknya parameter tidak dengan sendirinya berarti perlindungan lebih baik, sedangkan pengurangan biaya sensor tidak otomatis membuktikan bahwa penghapusan kewajiban proporsional. Dampak eksternal dan biaya pengawasan tidak boleh begitu saja dipindahkan kepada masyarakat; sebaliknya, kewajiban yang mahal dan tidak relevan dapat mengalihkan sumber daya dari pengendalian polutan yang lebih berisiko. Analisis biaya harus membedakan biaya pemasangan, operasi, kalibrasi, perbaikan, pengujian manual, serta manfaat data untuk mendeteksi kegagalan alat pengendali (OECD, 2020).

BAT atau teknologi terbaik yang tersedia harus dinilai sebagai teknik yang efektif sekaligus tersedia secara komersial dan dapat diterapkan dalam kondisi ekonomi serta teknis yang layak, dengan memperhatikan biaya dan manfaat; definisi ini menjadi rujukan komparatif dalam Industrial Emissions Directive Uni Eropa dan bukan hukum yang mengikat Indonesia (European Union, 2010, art. 3(10)). Untuk industri pulp dan kertas, BREF menguraikan teknik dan tingkat kinerja menurut sub-sektor, sedangkan pedoman IFC menyajikan pendekatan pengelolaan sektor (European Commission, Joint Research Centre, 2015; International Finance Corporation [IFC], 2007). Penyesuaian Indonesia tetap perlu mempertimbangkan kondisi fasilitas, kapasitas laboratorium dan penyedia layanan lokal, serta manfaat lingkungan. Review periodik dan adaptasi harus dilakukan melalui prosedur formal, indikator evaluasi, partisipasi, dan alasan tertulis (Craig & Ruhl, 2014).

### 3. Karakter sumber emisi industri pulp dan kertas

Siklus kraft memperlihatkan keterkaitan proses produksi pulp dan pemulihan bahan kimia. Kayu menjadi chips dan dimasak bersama white liquor; black liquor yang mengandung bahan organik dan senyawa anorganik pekat kemudian diarahkan ke recovery boiler. Pada proses bleaching menggunakan bahan kimia klorin dioksida dengan melepaskan emisi ga buang klorin. Senyawa anorganik pekat dilakukan pada proses pembakaran menghasilkan energi dan memulihkan bahan kimia, tetapi juga dapat melepaskan partikulat, senyawa sulfur tereduksi, nitrogen oksida, sulfur dioksida, dan polutan lain bergantung pada operasi, bahan bakar, dan sistem pengendalian. Penilaian sumber perlu mempertimbangkan titik sampling, operasi start-up, gangguan, dan efektivitas alat pengendali.

Recovery boiler dan power boiler sama-sama melakukan pembakaran, tetapi karakter bahan bakar dan tujuan prosesnya berbeda. Recovery boiler membakar black liquor dalam sistem pemulihan kimia, sedangkan power boiler dapat menggunakan bark, batubara, biomassa campuran, atau bahan bakar lain. Menggabungkan kedua kategori hanya berdasarkan kata “boiler” akan mengabaikan komposisi unsur dan variasi abu. Penetapan parameter harus didasarkan pada karakteristik bahan bakar aktual dan kemungkinan kontaminan, serta mengatur kewajiban ketika komposisi bahan bakar berubah atau bahan bakar alternatif digunakan. Dan juga penetapan parameter dan baku mutu juga harus berdasarkan kapasitas fungsi unit. Misalnya pemakaian steam boiler yang dihasilkan dialirkan ke pembangkit listrik sisanya sebanyak 70% dari total steam dihasilkan dimanfaatakn untuk kegiatan produksi. Hal ini perlu di pertimbangkan pada kewajiban parameter seperti Hg dan logam berat yang tercantum dalam Permen LHK 15/2019 menetapkan standar khusus pembangkit listrik tenaga termal, tidak relevan dnegan kegiatan insutri pulp dan kertas.

Lime kiln mengkalsinasi lime mud yang terutama mengandung kalsium karbonat untuk mengembalikan kapur aktif ke siklus kaustisasi. Karena terdapat pembakaran dan reaksi dekomposisi, gas buang dapat mencakup partikulat, sulfur, nitrogen oksida, serta karbon dioksida. TRS dapat relevan bergantung pada kebocoran senyawa sulfur dan kontrol proses. BME yang berlaku sebaiknya membedakan parameter hasil pembakaran dari parameter spesifik siklus kimia, dan menjelaskan basis koreksi oksigen hanya bila proses dan metode memang memerlukannya.

Smelt dissolving tank menerima smelt dari recovery boiler dan melarutkannya untuk menghasilkan green liquor. Emisi dapat terbentuk melalui pelepasan uap, percikan, atau senyawa volatil yang bergantung pada rancangan dan operasi. Digester merupakan proses pemasakan tertutup dengan bahan kimia; potensi emisi bisa timbul dari sistem ventilasi, relief, atau penanganan gas non-condensable. Penetapan parameter pada dua sumber ini tidak boleh disalin otomatis dari boiler karena tidak ada pembakaran utama pada titik proses tersebut. Diperlukan pemetaan jalur emisi dan metode sampling yang sesuai.

Bleaching plant modern umumnya menggunakan rangkaian proses yang bervariasi, termasuk proses elemental chlorine free. Penggunaan bahan kimia tertentu dan sistem penyerapan mempengaruhi potensi pelepasan gas Cl2 atau senyawa lain. Kewajiban pemantauan uji pada bleching sesuai Kepmen 13/1995, yaitu emisi gas buang Cl2 dan ClO2. Senyawa gas Cl2 yang terjadi proses oksidasi. Namun saat terjadi oksidasi senyawa ClO2 akan melepaskan senyawa $Cl^-$ dan $ClO_2^-$. Kewajiban parameter ClO2 berdsarkan Kepmen 13/1995 sudah tidak relevan dijadikan kewajiban pemantauan di area bleaching. Opasitas dan koreksi oksigen lazimnya berkaitan dengan pembakaran dan tidak otomatis cocok untuk ventilasi proses nonpembakaran. Kelayakan parameter harus ditentukan dengan neraca massa, desain scrubber, data operasi, metode analisis yang tervalidasi, serta skenario kegagalan

Chemical plant mencakup fasilitas dengan reaksi dan bahan berbeda, seperti produksi sulfur dioksida, asam klorida, natrium hidroksida, klorin dioksida, hidrogen peroksida, PAC, asam sulfat, dan kalsium karbonat presipitasi. Daftar generik yang sangat panjang dapat memunculkan kewajiban mengukur zat yang secara proses tidak ada, atau justru tidak menjelaskan pemicu kewajiban untuk zat yang relevan. Daftar parameter berbasis proses perlu disusun dari inventaris bahan kimia, SDS, neraca massa, konfigurasi kontrol, titik emisi, serta potensi pelepasan normal dan abnormal.

Emisi fugitive dari WWTP, penyimpanan, transfer bahan, dan kebocoran peralatan memerlukan instrumen yang berbeda dari pemantauan cerobong. Pemantauan cerobong tidak dapat menggantikan pengendalian kebauan atau fugitive di area terbuka. Regulasi dapat mengaitkan kewajiban dengan sistem deteksi kebocoran, pemantauan kebauan/udara ambien, prosedur keluhan, dan tindakan korektif. Apabila kajian internal menyatakan emisi fugitive telah

terkendali, klaim tersebut harus didukung periode pemantauan representatif dan catatan keluhan, bukan diperlakukan sebagai jaminan ketiadaan risiko.

**4. Penilaian parameter dan metode pemantauan**

Partikulat perlu dievaluasi pada sumber pembakaran dan proses yang menghasilkan debu. Pada sumber pembakaran, massa partikulat dapat mencakup fraksi filterable yang tertangkap pada filter dan fraksi condensable yang terbentuk saat gas buang mendingin; cakupan hasil bergantung pada metode dan kondisi sampling (U.S. EPA, 2020; Yang et al., 2018). Pengukuran konsentrasi massa melalui sampling isokinetik dan gravimetri harus mengikuti metode yang sesuai dengan kondisi cerobong (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2021; U.S. EPA, 2020). Opasitas merupakan indikator optik yang dapat membantu mengamati perubahan emisi terlihat, tetapi tidak identik dengan konsentrasi massa dan tidak otomatis relevan untuk ventilasi proses nonpembakaran. Karena itu, kewajiban opasitas harus diputuskan per kategori sumber dan fungsi pemantauan; untuk sumber yang tidak membakar bahan bakar, parameter ini tidak diterapkan tanpa dasar proses dan bukti yang menjelaskan relevansinya. Pedoman IFC mengidentifikasi partikulat sebagai karakteristik emisi recovery boiler dan lime kiln pada proses pulp kraft (IFC, 2007).

SO2 dan NOx relevan terutama pada unit pembakaran, namun tingkat emisi dipengaruhi sulfur dan nitrogen dalam bahan bakar, temperatur pembakaran, serta teknologi pengendalian. Data perhitungan neraca massa dapat menjadi pemeriksaan kewajaran, tetapi bukan bukti kepatuhan di cerobong karena mengandung asumsi pembakaran sempurna, kondisi beban, faktor emisi, dan efisiensi alat. Hasil pengukuran setelah alat pengendali perlu dibandingkan dengan baku mutu pada basis yang sama. Jika bahan bakar campuran digunakan, proporsi dan karakteristik campuran harus tercatat serta dapat diaudit.

TRS adalah kelompok senyawa sulfur tereduksi yang dapat timbul pada berbagai titik dalam siklus kraft. Penilaian tidak boleh membatasi sumber potensial pada unit pembakaran: smelt dissolving tank dan digester/ventilasi proses perlu dipetakan tersendiri karena pelepasan dapat terkait operasi batch, ventilasi, atau gangguan proses, bukan koreksi oksigen pembakaran. Data yang tersedia dalam kajian awal belum cukup untuk menyimpulkan pola fluktuasi lintas fasilitas; hal itu perlu diuji dengan pengukuran representatif, termasuk kondisi normal dan kejadian yang memicu venting. Karena kelayakan CEMS TRS harus dibuktikan untuk matriks dan rentang operasi tertentu, pilihan pemantauan berkala atau berbasis kejadian dapat lebih proporsional apabila metode manual tervalidasi dan respons terhadap gangguan diatur. Metode juga harus menjelaskan apakah hasil dinyatakan sebagai H2S ekuivalen agar data dapat dibandingkan.

Klorin dan klorin dioksida tidak boleh otomatis diwajibkan atau dihapus hanya berdasarkan nama proses bleaching. Evaluasi perlu memeriksa bentuk bahan yang digunakan, kemungkinan fase gas pada titik pelepasan, sistem penyerapan, neraca massa, metode analisis, dan kondisi kegagalan.

Oksigen referensi digunakan untuk menormalkan konsentrasi pada sumber pembakaran apabila dipersyaratkan oleh standar yang berlaku. Koreksi O2 tidak diterapkan secara otomatis pada smelt dissolving tank, digester, bleaching, atau sumber nonpembakaran lain karena komposisi gasnya tidak merepresentasikan gas buang hasil pembakaran pada basis yang sama. Setiap lampiran harus menyebut sumber yang dikenai koreksi, rumus, nilai referensi, basis kering/basah, dan validasi pengukuran. Dengan demikian, kebutuhan parameter O2 sebagai alat koreksi dibedakan dari kewajiban mengukur polutan pada sumber tersebut.

Merkuri dan logam lain dapat bersumber dari bahan bakar, bahan baku, atau bahan tambahan; relevansinya harus ditentukan dari karakterisasi bahan dan hasil uji emisi. Penetapan parameter dan baku mutu juga harus berdasarkan kapasitas fungsi unit. Misalnya pemakaian

steam boiler yang dihasilkan dialirkan ke pembangkit listrik sisanya sebanyak 70% dari total steam dihasilkan dimanfaatakn untuk kegiatan produksi. Hal ini perlu di pertimbangkan pada kewajiban parameter seperti Hg dan logam berat yang tercantum dalam Permen LHK 15/2019 menetapkan standar khusus pembangkit listrik tenaga termal, tidak relevan dengan kegiatan insdutri pulp dan kertas. Angka sangat rendah atau non-detect pada satu unit atau periode tidak membuktikan emisi nol di seluruh fasilitas. Sebaliknya, temuan tersebut juga tidak otomatis membenarkan kewajiban CEMS atau sampling rutin tanpa mempertimbangkan batas deteksi, akurasi metode, variabilitas bahan, risiko, dan biaya siklus hidup. Pendekatan yang dapat diuji ialah skrining bahan bakar, pengukuran dasar menggunakan metode yang sesuai, lalu pemantauan berbasis pemicu ketika komposisi, pemasok, atau proses berubah maupun ketika hasil melampaui kriteria yang ditetapkan regulator. Ambang dan frekuensi numeriknya memerlukan dataset yang tidak tersedia dalam penelitian ini.

CEMS menyediakan rangkaian data dengan resolusi temporal tinggi, tetapi keandalan hukum data tergantung kalibrasi, audit, pemeliharaan, validasi, pengelolaan downtime, dan keterlacakan perubahan. SISPEK meningkatkan kemampuan regulator menerima data secara daring, tetapi sistem digital tidak secara otomatis menjamin akurasi alat atau representativitas cerobong. Aturan perlu menjabarkan perlakuan terhadap data tidak valid, pemeliharaan terjadwal, kegagalan komunikasi, dan metode substitusi data. Tanpa ketentuan tersebut, perbedaan teknis dapat berujung pada penerapan sanksi yang tidak konsisten.

**5. Matriks evaluasi legal-teknis yang diusulkan**

Untuk setiap parameter dan sumber, pembuat kebijakan sebaiknya menggunakan lembar evaluasi yang dapat diaudit. Lembar ini tidak menentukan nilai batas, tetapi memastikan alasan regulasi dibangun dari bahan yang relevan. Penilaian awal perlu dikonsultasikan kepada regulator, pelaku usaha, laboratorium, akademisi, pekerja, dan masyarakat terdampak. Keputusan akhir beserta ringkasan bukti dan respons atas masukan perlu dipublikasikan.

**Tabel 1. Matriks Evaluasi**

| Unsur uji | Pertanyaan evaluasi | Bukti minimum |
|---|---|---|
| Dasar hukum | Apakah sumber dan parameter mempunyai dasar kewenangan serta tidak tumpang tindih? | Matriks regulasi, lampiran dan persetujuan teknis |
| Hubungan proses | Apakah zat terbentuk, digunakan, atau berpotensi lolos pada kondisi relevan? | Diagram proses, SDS, neraca massa dan kondisi operasi |
| Risiko | Apa bahaya, jalur paparan dan dampak dari emisi? | Kajian bahaya, toksikologi dan konteks lokasi |
| Keterukuran | Apakah metode dan alat mampu mengukur dengan sensitivitas memadai? | Validasi metode, batas deteksi/kuantifikasi, uji banding |
| Pengawasan | Apakah pemantauan kontinu atau periodik paling efektif? | Data representatif, frekuensi, biaya siklus hidup |
| Pengaman | Bagaimana risiko sisa, perubahan bahan bakar dan data hilang ditangani? | Pemicu pengujian ulang, transisi, audit dan sanksi |

Sumber: Data Diolah, 2026

Hasil evaluasi dapat menghasilkan tiga kelas kewajiban. Kelas pertama adalah pemantauan kontinu untuk parameter yang material, dapat diukur andal, dan dibutuhkan untuk pengawasan operasi. Kelas kedua adalah pemantauan manual berkala untuk parameter yang penting tetapi tidak memerlukan atau belum layak dipantau terus-menerus. Kelas ketiga adalah pemantauan berbasis pemicu untuk zat yang relevansinya mengikuti komposisi bahan baku, bahan bakar, atau perubahan proses. Kelas ketiga tidak berarti bebas pemantauan: pelaku usaha wajib

mendokumentasikan ambang pemicu dan membuktikan keadaan yang mendasari frekuensinya. Baku Mutu dalam KepmenLHK 13 Tahun 1995 perlu dikaji kembali didasarkan peraturan tersebut sangat perlu di perbaharui dan sisesuaikan dengan kondisi saat ini. Berikut usulan baku mutu pada unit kegiatan pulp dan kertas yang terintegrasi dengan chemical plant dan pembangkit listrik:

| No | Naskah Rancangan Peraturan | Penjelasan | Usulan |
|---|---|---|---|
| 1 | Ketentuan kewajiban pemantauan parameter Opasitas pada sumber emisi: **Recovery Boiler, Lime Kiln, Smelt Dissolve Tank, Digester, Bleaching Plant** | ● Opasitas ini adalah tingkat kekeruhan asap yang dihasilkan oleh cerobong, sehingga di dalam sumber emisi yang tidak terdapat proses pembakaran tidak perlu di pantau Opasitas.<br>● Pada lime kiln, recausticizing adalah unit yang bertugas untuk mengubah green liquor menjadi white liquor. Recausticizing plant terdiri dari dua proses, yaitu causticizing yang berfungsi untuk mengubah natrium karbonat menjadi natrium hidroksida, dan calcining yang berfungsi untuk membakar lime mud yang dihasilkan pada peroses kaustisasi pada rotary kiln sehingga diperoleh burn lime untuk direaksikan kembali ke dalam slaker.<br>● Pada unit bleaching dan digester, berdasarkan hasil analisa dan review proses produksi yang telah dilakukan, disimpulkan tidak ada korelasi perhitungan antara data opasitas dengan data parameter $Cl_2$<br>● Dalam Permen 15/2019 parameter Opasitas sudah dihapus sebagai parameter wajib dalam pemantauan Emisi Sumber Power Boiler | Penghapusan perameter Opasitas 35% pada seluruh sumber emisi dari kegiatan Industri Pulp dan Kertas. |
| | Ketentuan Kewajiban Pemantauan Oksigen: Koreksi 10% untuk sumber lainnya **(Smelt Dissolving Tank, Digester dan Bleaching Plant)** | ● Tidak terdapat proses pembakaran atau penggunaan Oksigen langsung pada unit Smelt Dissolve Tank, Digester dan Bleaching Plant. Konsentrasi Emisi yang keluar hanya dari reaksi kimia penggunaan $ClO_2$ dengan Material Pulp. Reaksi ini hanya pelepasan warna dan delignifikasi pada material pulp.<br>● Emisi dari sumber non-pembakaran hanya terdiri dari senyawa organik volatile yang tidak berhubungan langsung dengan proses pembakaran. Sehingga pengukuran konsentrasi polutan ini tidak dipengaruhi oleh kadar oksigen. | Penghapusan ketentuan parameter Oksigen 10% dalam sumber emisi Non Pembakaran: (Smelt Dissolve Tank , Digester, Bleaching Plant) |
| 2 | Baku Mutu untuk Chemical Plant | ● Produksi chemical plant pada industri pulp dan kertas seperti, caustic plant, SO2 Plant, PAC Plant, HCl Plant, O2 Plant, H2O2 plant. Hasil emisi pada masing-masing plant berbeda-beda | Usulan parameternya terlampir pada **Tabel 18** |

Berdasarkan hasil dari perhitungan neraca emisi be dan hasil SHU pemantauan emisi PLTU maka di usulkan untuk:

| No | Naskah Rancangan Peraturan | Penjelasan | Usulan |
|---|---|---|---|
| 1 | Ketentuan kewajiban pemantauan parameter Hg untuk PLTU berbahan bakar Batubara sesuai dengan Lampiran I | ● Berdasarkan perhitungan neraca emisi, bahwa parameter Hg pada unit pembangkit listrik dengan hasil nilai sangat kecil<br>● Berdasarkan hasil pemantauan emisi dengan menggunakan CEMS bahwa nilai parameter Hg sangat kecil dengan nilai 0,0006 mg/Nm3 | Penghapusan perameter Hg |
| 2 | Ketentuan Kewajiban Pemantauan terhadap 15 Perameter wajib untuk sumber emisi PLTU berbahan bakar Biomass Lampiran VI-C | ● Berdasarkan hasil Analisa ultimate dan contoh study case perhitungan neraca emisi bahan bakar biomass (bark) kandungan parameter yang dominan yaitu Partikulat, SO2, NOx dan Oksigen<br>● Berdasarkan hasil uji manual emisi gas buang unit pembangkit listrik bahan bakar biomass (bark) parameter dominan yang terdeteksi yaitu Partikulate, SO2 dan NOx | Penghapusan parameter HCl, Cl2, NH3, HF, Opasitas, H2S, Hg, As, Sb, Cd, Zn, dan Pb<br><br>**Usulan parameter**: Partikulat, SO2, NOx dan Oksigen |
| 3 | Ketentuan Kewajiban Pemantauan terhadap 15 Perameter wajib untuk sumber emisi PLTU berbahan bakar Campuran Batubara dan Biomass termasuk *alternative fuel* Lampiran VI-C | ● Teknologi Boiler dengan tipe CFB *(Circulating Fluidized Bed)* atau yang setara dapat membakar bahan bakar campuran (multi fuel) berupa batubara, biomassa dan *low-grade fuel* yang mampu membakar *alternative fuel* (sludge IPAL) | Merujuk pada lampiran VI-C PermenLHK 15 Tahun 2019 dengan penghapusan parameter HCl, Cl2, NH3, HF, Opasitas, H2S, Hg, As, Sb, Cd, Zn, dan Pb<br><br>**Usulan parameter**: Partikulat, SO2, NOx dan Oksigen |

**6. Tata kelola CEMS dan SISPEK**

Kewajiban CEMS perlu menetapkan unit dan parameter yang diwajibkan secara kontinu, spesifikasi kinerja, titik sampling, periode rata-rata, dan integrasi data. Kewajiban tersebut tidak dapat diasumsikan berlaku seragam bagi setiap parameter dan cerobong. Penetapan CEMS harus melewati uji kelayakan alat pada matriks gas, rentang konsentrasi, kebutuhan resolusi waktu, jaminan mutu, ketersediaan layanan dan laboratorium, serta biaya siklus hidup. Bila metode kontinu belum andal atau biaya tidak proporsional terhadap nilai informasi, aturan dapat menetapkan sampling manual berkala atau pemantauan berbasis pemicu dengan kriteria dan tindakan tindak lanjut yang terukur. Ketentuan ini harus tetap konsisten dengan kewajiban spesifik dalam Permen LHK 15/2019 dan Permen LHK 13/2021.

Peraturan sebaiknya menetapkan prosedur jaminan dan kendali mutu yang mencakup commissioning, uji kinerja, kalibrasi, audit, pemeliharaan, validasi data, dan pencatatan perubahan perangkat lunak atau konfigurasi. Untuk data yang tidak memenuhi kriteria validitas, pelaporan perlu menandai alasan dan durasi ketidakvalidan. Pelaku usaha dapat diwajibkan menggunakan pengukuran manual atau metode substitusi yang telah disetujui selama perbaikan. Regulator perlu memiliki akses terhadap catatan diagnostik dan riwayat kalibrasi, bukan hanya nilai konsentrasi yang diteruskan.

Data kontinu yang menunjukkan pelampauan memerlukan aturan tentang rata-rata yang dipakai, validasi, konteks beban operasi, dan pemberitahuan tindakan korektif. Data tidak boleh dihapus atau ditimpa tanpa jejak audit. Untuk menghindari salah tafsir, pengawasan perlu membedakan exceedance yang tervalidasi dari alarm alat atau data saat kalibrasi. Namun pengulangan kejadian tidak dapat dinormalisasi sebagai gangguan teknis tanpa pemeriksaan, sebab seringnya downtime juga dapat mengindikasikan tata kelola yang tidak memadai.

SISPEK dapat mendukung pengawasan berbasis risiko jika data terstruktur, konsisten, dan tersedia tepat waktu. Pembuat kebijakan perlu mengatur siapa yang boleh mengakses data rinci, bagaimana data agregat dibuka kepada publik, serta bagaimana informasi bisnis yang sah dilindungi tanpa menutup informasi pencemaran. Akses publik terhadap tren agregat dan status kepatuhan meningkatkan akuntabilitas. Transparansi juga membantu masyarakat memahami keterbatasan pengukuran, termasuk perbedaan antara konsentrasi cerobong dan paparan udara ambien.

**7. Dampak ekonomi dan distribusi beban**

Kajian industri menyatakan penghapusan parameter yang tidak berkorelasi dengan polutan dapat mengurangi pembelian sensor dan biaya pemeliharaan. Klaim ini masuk akal sebagai hipotesis, tetapi dampak finansialnya belum dapat ditetapkan tanpa rincian harga alat, masa guna sensor, waktu henti, biaya kalibrasi, dan biaya pengujian manual. Analisis biaya regulasi harus mengukur total biaya siklus hidup, termasuk penggantian alat, kontrak servis, validasi data, pengelolaan gangguan, pelatihan, dan pengawasan pemerintah.

Pemilihan antara pemantauan kontinu, berkala, dan berbasis pemicu merupakan keputusan desain yang harus menyeimbangkan risiko terlewatnya kejadian, kinerja alat, serta biaya total. CEMS yang tidak cocok dengan matriks gas dapat menghasilkan data invalid, sementara sampling yang terlalu jarang dapat melewatkan pelepasan episodik. Analisis biaya siklus hidup perlu mencakup sensor, kalibrasi, suku cadang, pemeliharaan, tenaga ahli, uji laboratorium, dan layanan teknis yang tersedia di dalam negeri. Regulatory impact assessment juga perlu menilai kualitas data dan manfaat pengawasan, bukan hanya investasi awal atau penghematan yang diklaim (OECD, 2020). Bila kapasitas laboratorium atau teknisi terbatas, masa transisi, pengembangan kompetensi, dan pengaturan metode alternatif perlu menjadi bagian desain, bukan alasan untuk menetapkan kewajiban yang tidak dapat dipenuhi.

Dampak juga terdistribusi tidak merata. Pelaku usaha membayar investasi dan operasi pemantauan, pemerintah menanggung biaya pengawasan dan infrastruktur data, sementara masyarakat sekitar menanggung risiko jika emisi tidak terdeteksi. Instrumen yang proporsional harus memperhitungkan ketiga pihak. Dukungan teknis untuk laboratorium dan regulator daerah, standar kompetensi, serta akses data dapat lebih efektif daripada hanya menurunkan kewajiban sensor. Dengan demikian, efisiensi administrasi tetap berada dalam kerangka perlindungan kesehatan dan lingkungan.

**8. Model pembaruan dan tahapan implementasi**

Model yang disarankan adalah penggantian atau revisi komprehensif Kepmen 13/1995 melalui peraturan yang memiliki bentuk dan dasar kewenangan jelas. Instrumen harus memuat definisi sumber, kategori proses, standar emisi, metode, pemantauan, pelaporan, pengawasan, dan ketentuan transisi. Lampiran sektor pulp dan kertas sebaiknya membedakan unit pembakaran, proses nonpembakaran, chemical plant, pembangkit, dan sumber fugitive. Hubungan dengan Permen LHK 15/2019 dan Permen LHK 13/2021 perlu dirujuk secara eksplisit untuk menghindari duplikasi.

Tahap pertama adalah audit status hukum dan pemetaan semua standar sektoral yang telah terbit sejak 1995. Tahap kedua ialah inventarisasi sumber dan karakter proses nasional, disertai pengumpulan data mentah representatif dari berbagai skala fasilitas, kondisi operasi, dan

wilayah. Tahap ketiga mencakup telaah toksikologi, kinerja teknologi, metode uji, serta analisis biaya siklus hidup. Tahap keempat adalah penyusunan opsi regulasi beserta analisis dampak dan konsultasi publik. Tahap kelima ialah penetapan, masa transisi, pelatihan, dan evaluasi implementasi.

Periode transisi perlu mempertimbangkan umur alat, siklus persetujuan, pengadaan, dan kesiapan laboratorium, tetapi tidak boleh menjadi penangguhan tanpa batas. Fasilitas yang telah memasang CEMS harus mempertahankan pengendalian yang berjalan selama transisi, kecuali ada keputusan teknis yang sah. Pengurangan kewajiban sebaiknya baru berlaku setelah bukti dan fasilitas pengganti diverifikasi. Untuk sumber yang berisiko tinggi atau berada dekat permukiman, ketentuan perlindungan yang lebih ketat dalam persetujuan teknis dapat tetap berlaku sepanjang memiliki dasar hukum dan alasan ilmiah.

Evaluasi pasca-implementasi dapat dilakukan dalam jangka waktu yang ditetapkan, misalnya tiga sampai lima tahun, dengan indikator jumlah data valid, kejadian pelampauan, ketersediaan alat, biaya kepatuhan, frekuensi keluhan, dan hasil inspeksi. Peninjauan tidak boleh hanya menghitung jumlah sensor yang dihapus atau biaya yang turun. Jika indikator menunjukkan penurunan kemampuan deteksi atau peningkatan risiko, regulator harus memiliki mekanisme untuk memperbaiki standar, meminta pengujian tambahan, atau menetapkan syarat lebih ketat berdasarkan bukti.

**9. Partisipasi publik dan kualitas pembentukan norma**

Penyusunan standar emisi menyatukan pengetahuan hukum, teknik proses, pengukuran, toksikologi, ekonomi, dan pengalaman warga. Karena itu, partisipasi tidak cukup dilakukan setelah draf hampir final. Pelibatan sejak penentuan masalah memungkinkan regulator mengetahui sumber yang belum terpetakan, kendala metode, jalur paparan lokal, dan ketimpangan akses data. Konsultasi perlu memuat ringkasan pilihan kebijakan, asumsi dan ketidakpastian, konsekuensi terhadap sumber tertentu, serta cara menyampaikan bukti tandingan. Semua masukan substantif sebaiknya ditanggapi dalam matriks respons yang dapat diakses publik.

Partisipasi bermakna tidak berarti setiap usulan harus diterima. Regulator tetap bertanggung jawab memilih standar yang melindungi kepentingan umum, namun harus menjelaskan alasan menerima atau menolak bukti. Informasi komersial yang benar-benar rahasia dapat dilindungi melalui pembatasan yang terukur, sementara data lingkungan dan kepatuhan perlu dibuka dalam bentuk yang tidak mengungkap rahasia proses yang sah. Pemisahan ini mencegah label kerahasiaan dipakai untuk menutup informasi penting tentang risiko pencemaran.

Aspek keadilan prosedural juga menuntut tersedianya waktu yang cukup untuk menelaah lampiran teknis. Perubahan parameter dan metode dapat memerlukan investasi, perubahan sistem akuisisi data, dan penyesuaian persetujuan teknis. Draf yang hanya beredar singkat atau tanpa metadata kajian sulit diuji. Karena standar berdampak langsung pada kewajiban dan pembuktian, publikasi naskah akademik ringkas, sumber data, hasil uji banding, dan analisis dampak memperkuat legitimasi serta daya tahan regulasi terhadap sengketa.

**10. Bukti teknis dan batas inferensi data**

Data pemantauan hanya informatif apabila konteksnya terdokumentasi. Setiap rekaman setidaknya perlu menyertakan identitas titik cerobong, waktu dan durasi sampling, beban produksi, jenis serta komposisi bahan bakar, status alat pengendali, suhu dan kadar air gas, metode analisis, kalibrasi, dan kondisi operasi. Tanpa variabel tersebut, perbandingan lintas periode dapat menyesatkan. Konsentrasi yang turun mungkin mencerminkan beban yang berbeda, pengenceran, perubahan basis kering-basah, atau perubahan metode, bukan perbaikan pengendalian.

Nilai di bawah batas deteksi bukan nilai nol. Batas deteksi dan batas kuantifikasi ditentukan oleh metode, matriks, gangguan, serta prosedur laboratorium. Jika batas deteksi lebih

tinggi daripada konsentrasi yang perlu diawasi, hasil “tidak terdeteksi” tidak membuktikan bahwa zat tidak ada atau tidak berisiko. Pembuat standar perlu mensyaratkan sensitivitas metode yang memadai terhadap tujuan regulasi dan menerapkan aturan pelaporan yang konsisten untuk data tersensor. Laboratorium harus menunjukkan validasi, blanko, spike, replikasi, dan estimasi ketidakpastian yang sesuai.

Untuk menguji stabilitas proses, data perlu mencakup variasi operasi yang wajar: beban rendah dan tinggi, perubahan bahan baku, start-up, shutdown, pergantian bahan bakar, serta gangguan alat pengendali. Pemantauan pada kondisi normal saja berisiko mengabaikan episode emisi puncak. Tidak semua skenario harus diukur secara kontinu, tetapi aturan harus menentukan kapan pengujian tambahan diwajibkan dan bagaimana operator melaporkan insiden. Pendekatan berbasis kejadian dapat mengisi celah antara sampling rutin dan CEMS.

Grafik ringkasan berguna untuk menunjukkan tren tetapi tidak cukup sebagai basis perubahan standar tanpa data yang mendasarinya. Pembaca perlu mengetahui jumlah observasi, unit, nilai yang hilang, cara menangani pencilan, nilai batas yang berlaku, dan apakah grafik menggambarkan emisi sebelum atau sesudah alat pengendali. Data agregat lintas cerobong dapat menyamarkan fasilitas dengan kinerja tinggi dan rendah. Oleh sebab itu, analisis kebijakan sebaiknya menyajikan distribusi dan ketidakpastian serta memisahkan setiap kategori sumber.

**11. Hubungan standar emisi dengan persetujuan teknis**

Baku mutu emisi nasional menetapkan lantai kewajiban, sedangkan persetujuan teknis dapat menerjemahkan standar tersebut ke konfigurasi fasilitas dan kondisi lokal. Agar hubungan keduanya konsisten, regulasi perlu menjelaskan kapan persetujuan memuat batas lebih ketat, kapan ketentuan sektoral menjadi acuan, dan bagaimana perubahan proses memicu peninjauan. Ketentuan tidak boleh membuat pelaku usaha menghadapi dua nilai berbeda tanpa aturan prioritas atau mekanisme koreksi.

Persetujuan teknis berfungsi sebagai dokumen operasional yang menghubungkan sumber, alat pengendali, titik pemantauan, kondisi referensi, dan pelaporan. Ketika lampiran standar berubah, kewajiban persetujuan lama tidak semestinya dianggap gugur secara otomatis. Ketentuan transisi perlu membedakan kewajiban yang dapat terus dipenuhi, kewajiban yang harus disesuaikan, dan kasus yang membutuhkan perubahan persetujuan. Pendekatan ini menghindari kekosongan pengawasan selama masa peralihan.

Perubahan bahan bakar, kapasitas, atau konfigurasi proses dapat menggeser profil pencemar. Karena itu, pemicu evaluasi ulang harus mencakup peningkatan kapasitas material, penggunaan bahan bakar alternatif, perubahan sistem kontrol, dan kejadian pelampauan berulang. Operator menyimpan dokumentasi karakterisasi bahan bakar dan perubahan operasi agar otoritas dapat menilai apakah kategori sumber tetap tepat. Regulasi yang mengunci kategori terlalu kaku berisiko tertinggal dari praktik industri; kategori yang terlalu lentur akan mengurangi kepastian hukum.

**12. Penerapan matriks pada sumber prioritas**

Pada recovery boiler, langkah awal ialah menyusun inventaris emisi yang menghubungkan komposisi black liquor, kondisi pembakaran, alat pengendali, dan parameter yang tercantum dalam standar. Partikulat dan parameter sulfur perlu dinilai terhadap kinerja alat pengendali serta variasi proses. Jika CEMS digunakan, hasilnya perlu dibandingkan dengan uji rujukan manual secara berkala. Perbedaan antara data otomatis dan uji rujukan harus memicu investigasi, bukan sekadar dirata-ratakan. Untuk parameter yang tidak memiliki alat kontinu andal, frekuensi manual sebaiknya mengikuti risiko dan riwayat ketidakstabilan.

Pada lime kiln, evaluasi harus membedakan kontribusi bahan bakar dan dekarbonasi lime mud. Konsentrasi pencemar pembakaran dipengaruhi jenis bahan bakar serta udara lebih, sedangkan emisi CO2 proses muncul dari reaksi kalsinasi. Jika regulasi mengatur pencemar

konvensional, kondisi oksigen referensi harus sesuai basis yang digunakan untuk pembandingan. Pemantauan kinerja kiln juga berkaitan dengan kualitas kapur dan sirkulasi bahan kimia; kepatuhan emisi tidak boleh diukur dengan parameter yang tidak merepresentasikan cerobong.

Pada bleaching plant, penentuan parameter perlu memetakan apakah bahan kimia yang digunakan menghasilkan potensi emisi pada cerobong, ventilasi, atau kebocoran peralatan. Scrubber, demister, dan sistem tertutup merupakan lapisan pengendalian, tetapi kegagalan atau kondisi pemeliharaan dapat mengubah emisi. Pengujian berkala harus dilakukan ketika unit beroperasi pada keadaan representatif dan setelah perubahan proses material. Catatan konsumsi bahan kimia dan efisiensi penyerapan menjadi bukti pendukung; ia tidak menggantikan pengukuran langsung apabila standar mensyaratkannya.

Chemical plant memerlukan pendekatan unit-per-unit. Sebagai contoh, fasilitas yang membakar sulfur untuk menghasilkan SO2 memiliki sumber dan mekanisme yang berbeda dari unit PAC yang mengolah bahan berbasis klorida atau proses pembuatan HCl. Daftar umum parameter logam dan gas asam untuk semua plant dapat mendorong pengukuran yang tidak informatif. Sebaliknya, pengaturan berbasis inventaris proses dapat menetapkan parameter pemicu ketika bahan kimia tertentu digunakan, dengan kewajiban menyimpan SDS, neraca massa, catatan pengendalian, dan hasil pengujian.

Pembangkit berbahan bakar campuran menantang klasifikasi karena proporsi bahan berubah mengikuti ketersediaan dan nilai kalor. Menggunakan lampiran biomassa saja ketika batubara atau bahan bakar alternatif turut dibakar dapat mengabaikan polutan yang berasal dari komponen campuran. Standar dapat menetapkan aturan untuk cofiring menurut persentase energi atau massa, komposisi aktual, dan karakter kontaminan, namun ambang harus dibangun dari data dan kajian teknis. Catatan penerimaan bahan bakar, sampel representatif, dan rekonsiliasi energi mendukung audit kepatuhan.

**13. Pengawasan, penegakan, dan penggunaan data**

Data emisi yang valid memiliki setidaknya tiga fungsi hukum: membantu operator mengendalikan proses, memberi regulator dasar memilih inspeksi, dan membuktikan kepatuhan atau pelanggaran. Fungsi terakhir menuntut integritas rantai data. Sistem harus mencatat identitas alat, kalibrasi, waktu sinkron, perubahan konfigurasi, akses pengguna, koreksi, dan pengiriman. Jika sistem hanya menyimpan angka akhir tanpa log, sulit menilai apakah data dapat diandalkan sebagai bukti administratif.

Pengawasan berbasis risiko dapat menggunakan indikator seperti frekuensi pelampauan, tren parameter, data tidak valid, perubahan bahan bakar, keluhan masyarakat, dan riwayat tindakan korektif. Indikator tersebut sebaiknya membantu prioritas inspeksi, bukan secara otomatis menggantikan pemeriksaan lapangan. Analisis data harus disertai prosedur verifikasi agar anomali sensor tidak disalahartikan sebagai pelanggaran, dan pelampauan yang nyata tidak diabaikan sebagai kesalahan alat tanpa bukti.

Sanksi administratif membutuhkan norma yang terukur mengenai kewajiban, tenggat, tahapan korektif, dan konsekuensi ketidakpatuhan. Peraturan perlu membedakan kegagalan teknis yang segera dilaporkan dan diperbaiki dari penghilangan data atau pengoperasian alat yang tidak memenuhi persyaratan secara berulang. Perbedaan ini membuat tindakan regulator proporsional dan mendorong pelaporan jujur. Penegakan yang dapat diprediksi juga meningkatkan insentif investasi pada alat pengendali dan tata kelola data.

Masyarakat sekitar dapat memberi sinyal awal mengenai kejadian kebauan atau gangguan, tetapi mekanisme keluhan harus melindungi pelapor dan memiliki protokol tindak lanjut. Pengaduan bukan pengganti pengukuran ilmiah; ia adalah informasi yang membantu menentukan waktu inspeksi dan titik pemantauan. Menghubungkan keluhan, data emisi, cuaca, dan catatan operasi dapat meningkatkan pemahaman pola kejadian. Data yang dipublikasikan harus

menjelaskan batas interpretasi agar konsentrasi cerobong tidak disamakan langsung dengan paparan individu.

**14. Agenda penelitian lanjutan**

Penelitian lanjutan perlu membangun basis data lintas fasilitas dengan protokol harmonisasi. Data minimum mencakup parameter, unit, kondisi referensi, metode, batas deteksi, beban operasi, bahan bakar, konfigurasi alat pengendali, serta validitas pengukuran. Kerja sama dengan laboratorium terakreditasi dan regulator dapat membantu menjaga konsistensi. Dataset sebaiknya dianonimkan secara proporsional dan menyediakan metadata yang memungkinkan pembaca memahami cara pengumpulan serta keterbatasannya.

Studi komparatif antarnegara dapat menguji bagaimana standar pulp dan kertas mengelompokkan recovery boiler, lime kiln, dan chemical plant; bagaimana BAT diterjemahkan menjadi batas emisi; serta bagaimana pemantauan kontinu dipakai dalam penegakan. Perbandingan harus mengontrol perbedaan kapasitas, bahan bakar, sistem kontrol, metode, dan kondisi referensi. Mengutip angka batas dari negara lain tanpa penyesuaian akan menghasilkan pembandingan semu. Nilai terbesar perbandingan terletak pada proses penetapan, mekanisme review, dan transparansi evidensinya.

Evaluasi ekonomi dapat mengukur biaya dan manfaat setiap opsi pemantauan secara terpisah. Informasi yang dibutuhkan mencakup biaya alat, umur pakai, kalibrasi, downtime, tenaga ahli, biaya laboratorium, dan biaya pengawasan publik. Manfaat pengurangan risiko memerlukan analisis keterpaparan dan dampak kesehatan yang sesuai lokasi. Hasil tersebut akan memungkinkan pembuat regulasi membandingkan pemantauan kontinu, periodik, atau berbasis pemicu dengan asumsi yang dapat diuji, bukan hanya mengandalkan klaim biaya dari satu pihak.

Kajian hukum empiris juga perlu mengamati bagaimana data SISPEK digunakan oleh pengawas, apakah prosedur validasi dipahami pelaku usaha, dan bagaimana sengketa kepatuhan diselesaikan. Wawancara regulator, laboratorium, operator, pekerja, dan masyarakat dapat mengungkap hambatan implementasi yang tidak tampak dalam teks peraturan. Temuan tersebut dapat memperbaiki rancangan pembagian tanggung jawab, pelatihan, dan akses data. Dengan demikian, modernisasi regulasi akan mempertimbangkan kapasitas institusi dan pengguna norma.

**4. KETERBATASAN**

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ketersediaan dan cakupan data teknis. Bahan kajian industri yang digunakan menyajikan sebagian informasi dalam bentuk uraian, tabel ringkasan, dan grafik, sedangkan data mentah CEMS per cerobong, hasil uji laboratorium lengkap, metadata metode, batas deteksi dan kuantifikasi, serta catatan kendali mutu tidak tersedia untuk dianalisis ulang. Dengan keadaan tersebut, artikel tidak dapat menguji secara statistik keterwakilan tren emisi maupun memastikan bahwa hasil dari satu fasilitas berlaku untuk seluruh industri pulp dan kertas.

Penelitian juga tidak melakukan pengambilan sampel lapangan, pengujian independen, atau wawancara dengan regulator, operator, laboratorium, pekerja, dan masyarakat sekitar. Karena itu, penilaian terhadap efektivitas alat pengendali, biaya siklus hidup CEMS, praktik penggunaan SISPEK, dan dampak emisi pada lingkungan setempat bersifat terbatas pada bahan hukum dan dokumen yang tersedia. Artikel ini tidak menetapkan angka baku mutu baru dan rekomendasi pemilihan parameter harus dibaca sebagai kerangka evaluasi kebijakan, bukan kesimpulan teknis final.

Selain itu, artikel belum melakukan perbandingan kuantitatif atas standar emisi lintas negara maupun analisis biaya-manfaat berbasis data fasilitas. Perbedaan proses, bahan bakar, metode pengukuran, dan kondisi referensi membatasi pemindahan angka standar dari yurisdiksi lain. Penelitian lanjutan perlu menguji matriks yang diusulkan dengan data lintas fasilitas yang

tervalidasi, kajian risiko dan paparan, uji metode, analisis biaya, serta masukan pemangku kepentingan sebelum digunakan untuk merumuskan norma yang mengikat.

## 5. KESIMPULAN

Kepmen 13/1995 perlu dievaluasi dalam kerangka hukum lingkungan yang telah berkembang. PP 22/2021 mengatur pengelolaan mutu udara, Permen LHK P.15/2019 mengatur baku mutu pembangkit termal, dan Permen LHK 13/2021 mengatur integrasi data CEMS melalui SISPEK. Status keberlakuan dan batas lingkup setiap ketentuan lama perlu dipastikan melalui audit hukum dan pemetaan aturan sektoral; artikel ini tidak menyimpulkan pencabutan menyeluruh tanpa dasar pencabutan yang eksplisit.

Kesenjangan utama bukan hanya usia Kepmen, tetapi klasifikasi sumber yang belum cukup berbasis proses, hubungan parameter dengan jalur emisi yang belum selalu jelas, ketidakseragaman kondisi referensi, serta belum terintegrasinya alasan teknis dan tata kelola data dalam satu matriks keputusan. Sumber pembakaran, reaksi kimia, ventilasi proses, dan fugitive tidak dapat dikenai daftar dan metode yang sama tanpa justifikasi. CEMS dan SISPEK memperkuat pengawasan hanya jika alat, data, dan prosedur validasi dirancang sesuai karakter sumber.

Artikel mengusulkan model evaluasi legal-teknis yang menguji dasar hukum, hubungan proses, risiko, keterukuran, efektivitas pengawasan, dan pengaman. Model ini menghasilkan kewajiban kontinu, periodik, atau berbasis pemicu proses. Pengurangan parameter tidak dapat didasarkan hanya pada hasil di bawah baku mutu atau nilai tidak terdeteksi; bukti harus mencakup representativitas, batas deteksi, variasi operasi, bahan bakar, dan kendali mutu. Setiap revisi perlu menjaga prinsip kehati-hatian, proporsionalitas, keterbukaan, dan perlindungan agar modernisasi tidak menurunkan perlindungan lingkungan.

Pemerintah disarankan menyusun standar baru melalui kajian data primer lintas fasilitas, uji metode, analisis biaya siklus hidup, dan partisipasi pemangku kepentingan. Lampiran perlu memisahkan sumber industri pulp dan kertas, pembangkit, chemical plant, dan fugitive, sambil menjelaskan interaksi dengan persetujuan teknis. Keterbatasan artikel ini adalah tidak adanya data CEMS mentah, hasil uji terverifikasi, dan wawancara lapangan; karena itu, ia tidak menetapkan angka baku mutu. Penelitian lanjutan perlu memvalidasi matriks yang diusulkan dengan data multi-pabrik dan mengevaluasi dampaknya setelah implementasi.

## 6. PERNYATAAN ETIKA DAN KONTRIBUSI

Konflik kepentingan: Naskah ini menggunakan dokumen kajian industri sebagai bahan isu. Penulis perlu menyatakan hubungan profesional, pendanaan, atau kepentingan yang relevan sebelum publikasi. Data internal yang tidak tersedia untuk publik perlu memperoleh izin pemilik dan dianonimkan bila diperlukan. Kontribusi penulis: konseptualisasi, analisis hukum, penyusunan naskah, dan finalisasi. Pernyataan ini harus disesuaikan dengan kebijakan jurnal tujuan dan kondisi penulis yang sebenarnya.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 7117-21:2021: Emisi gas buang—Sumber tidak bergerak—Bagian 21: Pengambilan contoh uji partikulat secara isokinetik menggunakan filter di dalam cerobong dan penentuan kadar partikulat secara gravimetri. https://pesta.bsn.go.id/produk/index/5?key=2021

Craig, R. K., & Ruhl, J. B. (2014). Designing administrative law for adaptive management. Vanderbilt Law Review, 67(1), 1–87. https://doi.org/10.2139/ssrn.2222009

European Commission, Joint Research Centre. (2015). Best available techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board. Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC95678

European Union. (2010). Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), consolidated text. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02010L0075-20240804

Fisher, E., Lange, B., & Scotford, E. (2013). Environmental law: Text, cases, and materials (2nd ed.). Oxford University Press.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (1995, 7 Maret). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-13/MENLH/3/1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2019). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 455.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 13 Tahun 2021 tentang Sistem Informasi Pemantauan Emisi Industri Secara Terus Menerus. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 549.

Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059.

Republik Indonesia. (2011). Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5234.

Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6634.

Republik Indonesia. (2022). Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 143, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6801.

International Finance Corporation. (2007). Environmental, health, and safety guidelines for pulp and paper mills. World Bank Group. https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/2007-pulp-and-paper-mills-ehs-guidelines-en.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). Regulatory impact assessment. OECD Best Practice Principles for Regulatory Policy. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/7a9638cb-en

Sands, P., Peel, J., Fabra, A., & MacKenzie, R. (2018). Principles of international environmental law (4th ed.). Cambridge University Press.

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Method 5: Determination of particulate matter emissions from stationary sources. https://www.epa.gov/emc/method-5-particulate-matter-pm

Yang, H.-H., Arafath, S. M. D., Lee, K.-T., Hsieh, Y.-S., & Han, Y.-T. (2018). Chemical characteristics of filterable and condensable PM2.5 emissions from industrial boilers with five different fuels. Fuel, 230, 415–422. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.080