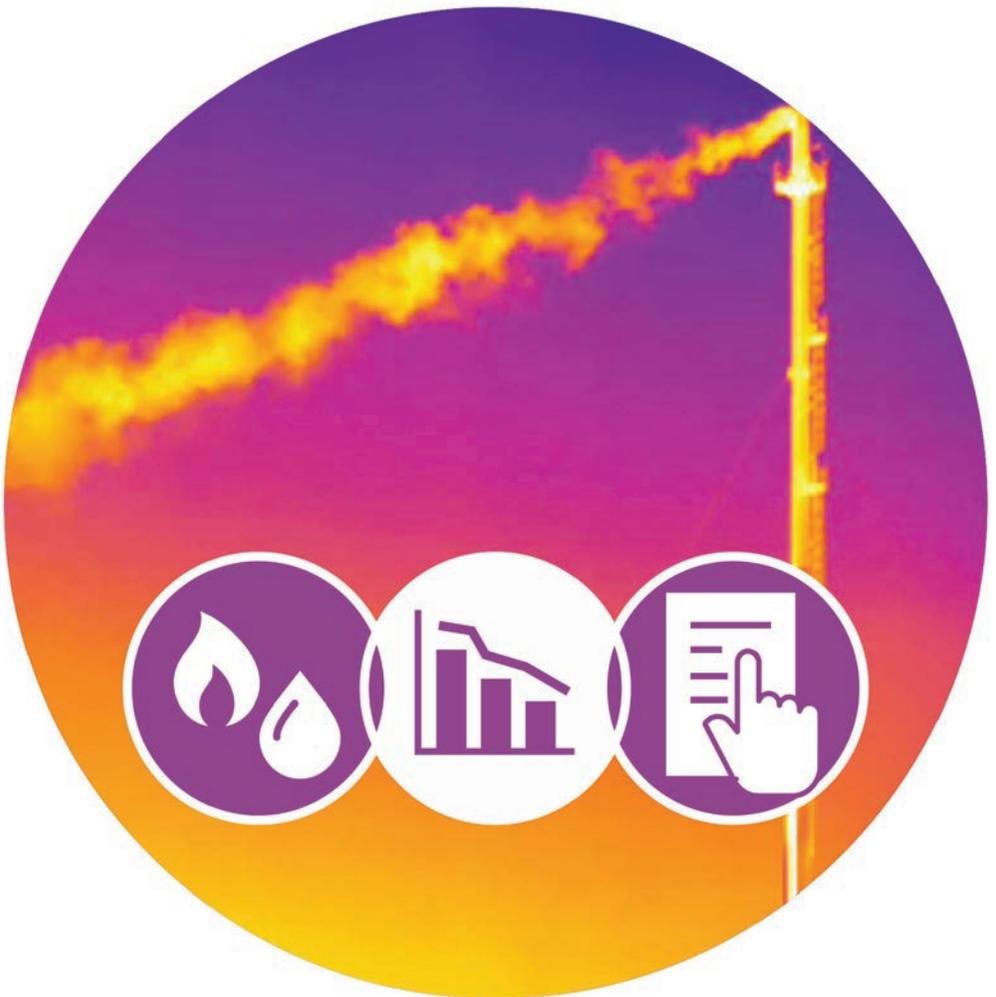


# Pengurangan Metana untuk Minyak dan Gas

Buku Panduan untuk  
Para Pembuat Kebijakan



## Kata Sambutan dari Secretary Raimondo

Perubahan iklim merupakan tantangan global dan perlu mendapat perhatian serius. Amerika Serikat telah menghadapi dan berhasil melalui tantangan ini. Dalam Perintah Eksekutif 14008, Administrasi Biden-Harris mengakui bahwa sekaranglah saatnya untuk bertindak untuk menghindari dampak terburuk dari krisis iklim dan menangkap peluang yang ada dalam penanganan perubahan iklim. Departemen Perdagangan Amerika Serikat adalah salah satu bagian dari upaya bersama yang bersifat kolaboratif dan koordinatif pemerintah (whole-of-government) untuk menangani masalah iklim dan memastikan proses transisi yang cepat dan terbuka menuju masa depan yang sejahtera, berkelanjutan dan dengan tingkat karbon yang lebih rendah.

Emisi metana adalah penyumbang utama terjadinya perubahan iklim. Mengurangi emisi metana juga merupakan peluang unik. Oleh karena itu, pada tahun 2021, Amerika Serikat dan para mitra internasionalnya telah secara bersama-sama membuat Ikrar Metana Global (Global Methane Pledge). Berdasarkan Ikrar tersebut, beberapa negara berkomitmen untuk secara kolektif melakukan aksi bersama dengan tujuan untuk mengurangi tingkat jumlah metana sebesar 30% hingga tahun 2030 dari tingkat jumlah metana pada tahun 2020. Amerika Serikat dan para mitranya sekarang sedang bekerja membantu beberapa negara di berbagai belahan dunia untuk mengadopsi kebijakan pengurangan metana, memobilisasi pembiayaan metana, menerapkan teknologi dan praktik pengurangan metana, dan mereformasi peraturan perundang-undangan.

Di Departemen Perdagangan Amerika Serikat, Program Pengembangan Hukum Perdagangan (Commercial Law Development Program (CLDP) dari Kantor Penasihat Umum (Office of the General Counsel) telah membantu banyak negara dalam memutakhirkan peraturan perundang-undangannya untuk bidang perdagangan selama lebih dari 30 tahun. Sekarang, CLDP telah membuat buku panduan gratis, yang dapat diakses, dan yang dirancang sesuai kebutuhan untuk para pembuat kebijakan

dan regulator untuk mengurangi emisi metana dari rantai nilai minyak dan gas.

Dalam mengembangkan buku panduan ini, CLDP telah mengundang sekelompok pakar bidang pengurangan metana dari Pemerintah Amerika Serikat, lembaga multilateral, organisasi non-pemerintah, industri, dan akademisi. Banyak dari para penulis dan pendukung buku panduan ini secara kolektif meluangkan waktunya secara sukarela. Hasilnya adalah sebuah buku panduan yang dapat digunakan oleh para legislator, pejabat kementerian, dan regulator di seluruh dunia sekarang untuk menyusun, mengadopsi, dan memberlakukan regulasi baru yang akan dengan cepat dan efektif mengurangi emisi metana yang berasal dari pengolahan minyak dan gas.

Buku panduan ini juga memperluas cakupan seri yang dikembangkan oleh CLDP berdasarkan Power Africa, yang disebut *Understanding Power*: suatu perpustakaan ilmu pengetahuan buku panduan dengan sumber terbuka (open-source) yang ditulis dalam bahasa yang sederhana menjelaskan berbagai topik penting mengenai kontrak proyek listrik, pembiayaan, dan pengadaan. Selain mendukung Ikrar Metana Global dan target iklim Amerika Serikat, buku panduan ini juga mempromosikan sejumlah tujuan perdagangan teknologi bersih dan iklim Departemen Perdagangan AS. Saya sangat berterima kasih kepada CLDP dan para penulis, sponsor, dan pendukung yang telah mengembangkan kontribusi penting ini sebagai upaya kolektif kita dalam melakukan aksi iklim. Dengan bekerja sama, kita dapat mengatasi krisis iklim, meraih peluang ekonomi, dan mampu menghadapi tantangan.



Gina M. Raimondo

U.S. Secretary of Commerce (Menteri Perdagangan A.S.)

# D A F T A R I S I

## **PEDOMAN BUKU PANDUAN** **8**

### **1. PELUANG METANA** **14**

- a. Perubahan Peran Metana di Sektor Minyak dan Gas 15
- b. Metana dan Tantangan Iklim 17
- c. Metana dalam Rantai Nilai Minyak dan Gas 18
- d. Peluang: Pengurangan Metana dari Minyak dan Gas 20

### **2. PERENCANAAN UNTUK MENGURANGI EMISI METANA DARI SEKTOR MINYAK DAN GAS** **26**

- a. Rencana Aksi Metana Nasional 27
- b. Rencana Pengurangan Metana untuk Sektor Minyak dan Gas 31
- c. Menyesuaikan Kebijakan Metana dengan Konteks Lokal 35
- d. Berbagai Sumber yang Bermanfaat 38

### **3. MEMULAI DENGAN REGULASI PENGURANGAN METANA** **39**

- a. Potensi Kebijakan dan Strategi Regulasi 40
- b. Mengkaji Undang-Undang dan Institusi yang Ada 45
- c. Mengikutsertakan Pemangku Kepentingan 48
- d. Memanfaatkan Tindakan Sukarela oleh Industri 50
- e. Pendekatan Umum dalam Regulasi yang Ada 51

---

#### **4. SUMBER METANA BERDASARKAN SEGMENT PASAR MINYAK DAN GAS**

---

**52**

- a. Segmen Hulu 54
- b. Segmen Tengah 58
- c. Segmen Hilir 64

---

#### **5. DETEKSI DAN PERBAIKAN KEBOCORAN (LDAR)**

---

**68**

- a. Beberapa Fitur Regulasi LDAR 70
- b. Contoh: Persyaratan LDAR Federal Kanada 73

---

#### **6. FLARING DAN VENTING**

---

**79**

- a. Fitur Regulasi Flaring dan Venting 81
- b. Contoh: Pembatasan Flaring dan Venting di Kolombia 83
- c. Contoh: Pemanfaatan Gas Ikutan di Kazakhstan 90

---

#### **7. STANDAR PERALATAN DAN PROSES**

---

**94**

- a. Seperti Apa Regulasi tentang Peralatan atau Proses pada Umumnya 96
- b. Contoh: Regulasi Standar Peralatan di Nigeria 99

---

#### **8. INVENTARISASI**

---

**107**

- a. Inventarisasi Emisi vs. Pemantauan 109
- b. Data yang Dibutuhkan untuk Inventarisasi Emisi 110
- c. Inventarisasi Sumur yang Ditutup dan Ditinggalkan 111
- d. Pertimbangan-pertimbangan Desain saat Mengembangkan Program Pelaporan dan Inventarisasi Emisi 112
- e. Sumber Daya yang Tersedia untuk Mendukung Pengembangan Inventarisasi 114

---

## **9. PEMANTAUAN** **120**

---

- a. Teknologi Pemantauan yang Ada 121
- b. Perlunya Pemantauan untuk Mendukung Kerangka Regulasi 127
- c. Pertimbangan untuk Protokol Pemantauan, Pelaporan, dan Verifikasi 128
- d. Dukungan yang Tersedia untuk Pemerintah 130
- e. Berbagai sumber Daya yang Berguna 133

---

## **10. MEMASTIKAN KEPATUHAN** **135**

---

- a. Mengomunikasikan Harapan 137
- b. Penegakan Hukum 143
- c. Mengembangkan Rencana Inspeksi 146

---

## **11. PEMBIAYAAN UNTUK PENGURANGAN METANA** **148**

---

- a. Kesenjangan Pembiayaan 150
- b. Tren dalam Pembiayaan 156
- c. Mendukung Pengurangan Metana Secara Ekonomi 159
- d. Memonetisasi Pengurangan Metana 162

---

## **12. PENGEMBANGAN KAPASITAS UNTUK AKSI** **166**

---

- a. Diperlukan Tenaga Ahli untuk Pengelolaan Metana 167
- b. Mengembangkan Strategi untuk Pengembangan Kapasitas 169

---

**13. BERBAGAI SUMBER DAYA UNTUK IMPLEMENTASI 178**

---

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| a. Saran Ahli yang Disesuaikan | 179 |
| b. Pembiayaan                  | 180 |
| c. Panduan                     | 182 |
| d. Perangkat                   | 185 |
| e. Sumber Data                 | 188 |

---

**LAMPIRAN: TENTANG METANA 190**

---

---

**AKRONIM 194**

---

---

**CATATAN 197**

---

---

**KOLOFON 218**

---

# **Pedoman Buku Panduan**

---

## Untuk Siapa Buku ini Ditujukan?

Masyarakat internasional telah berkomitmen untuk mengurangi emisi metana yang berasal dari aktivitas operasi minyak dan gas secara cepat untuk memenuhi sejumlah tujuan perubahan iklim dan meningkatkan keamanan ekonomi dan energi. Namun, masih banyak negara yang belum memahami bagaimana mencapai sejumlah tujuan tersebut. Buku panduan ini dimaksudkan untuk memperkenalkan kepada para pejabat pemerintah tentang berbagai pilihan yang dapat diambil untuk dapat mengurangi metana di sektor minyak dan gas dan memberikan panduan dalam perancangan dan penerapan regulasi. Buku panduan ini disusun dengan menyajikan berbagai hikmah pelajaran yang diperoleh dari berbagai skema regulasi yang diterapkan di berbagai negara. Para pejabat pemerintah yang ikut serta di semua aspek sektor minyak dan gas dapat memperoleh manfaat dari buku panduan ini.

## Ruang Lingkup Buku ini?

Buku panduan ini menjelaskan berbagai peluang pengurangan metana, teknologi pengurangan metana, dan bagaimana mengembangkan serta menerapkan kebijakan dan regulasi tentang pengurangan metana secara efektif. Buku panduan ini menyajikan berbagai contoh yang berguna dan studi kasus tentang berbagai regulasi pengurangan metana terkini yang diadopsi oleh berbagai negara di seluruh dunia. Buku panduan ini hanya membahas beberapa teknologi khusus pengurangan metana secara mendalam dan berfokus pada sejumlah poin penting mengenai topik tersebut. Buku ini merangkum sejumlah poin yang dianggap sangat penting oleh masing-masing penulis ketika mempertimbangkan regulasi pengurangan metana dan implementasinya. Buku panduan ini tidak dimaksudkan untuk mendukung secara publik serangkaian kebijakan pengurangan metana tertentu, namun buku panduan ini

memberikan gambaran umum tentang berbagai opsi yang dapat dipertimbangkan.

## **Siapa yang Menulis Buku Ini?**

Para penulis buku panduan ini adalah para praktisi di sektor energi, termasuk pejabat pemerintah, insinyur, pakar kebijakan publik, pengacara, dan akademisi. Buku panduan ini berupaya menghimpun berbagai pengalaman praktis kolektif dan pengetahuan termutakhir dari para penulis. Namun, buku ini tidak mewakili posisi kebijakan organisasi, lembaga, negara dan/atau perusahaan yang berafiliasi atau telah berafiliasi dengan masing-masing penulis. Untuk berbagai pandangan tersebut, silakan rujuk publikasi dan situs web dari masing-masing organisasi, lembaga, negara, dan/atau perusahaan tersebut.

Pengurangan emisi metana merupakan isu kompleks yang perlu disampaikan melalui proses pembelajaran yang berkelanjutan oleh berbagai pemangku kepentingan dan melalui pemanfaatan kemajuan teknologi. Beragam bidang spesialisasi dari para penulis telah memungkinkan buku panduan ini dapat menyajikan kompleksitas tersebut dalam format yang mudah dicerna – menunjukkan berbagai isu yang ada dan alternatif yang ditawarkan oleh para penulis yang mengulas atau tidak dalam topik-topik tertentu dengan mempertimbangkan kepakaran mereka masing-masing. Para penulis berharap buku panduan ini akan dapat mendorong pengembangan dan implementasi kebijakan dan regulasi mengenai pengurangan metana dan dapat berkontribusi dalam menurunkan emisi metana global yang berasal dari sektor minyak dan gas.

## **Bagaimana Buku Ini Dikembangkan?**

Buku panduan ini diproduksi dengan menggunakan metode Book Sprints ([www.booksprints.net](http://www.booksprints.net)), yang memungkinkan proses penyusunan, pengeditan, dan penerbitan produk yang lengkap dapat dilakukan hanya dalam waktu lima hari. Para

penulis sangat berterima kasih kepada fasilitator Book Sprint kami, Barbara Rühling, atas kesabarannya dalam membimbing dan kepemimpinannya yang kuat selama proses penyusunannya yang memerlukan waktu hampir 75 jam. Para penulis juga berterima kasih kepada Henrik van Leeuwen dan Lennart Wolfert yang telah membantu dalam mengubah beberapa coretan mentah kami menjadi serangkaian gambar ilustrasi yang indah dan bermakna. Kami juga ingin menyampaikan penghargaan sebesar-besarnya atas kerja keras dan tidak mengenal lelah yang telah ditunjukkan oleh para editor naskah Book Sprints, Raewyn Whyte dan Christine Davis.

Para penulis ingin menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada masing-masing individu dan lembaga berikut yang telah membantu memfokuskan dialog yang bertujuan membangun konsensus seputar potensi buku panduan ini: Biro Sumber Daya Energi (Bureau of Energy Resources), Departemen Luar negeri AS (U.S. Department of State); Utusan Khusus untuk Iklim (Special Envoy for Climate), (Departemen Luar Negeri AS (U.S. Department of State); dan Stephen Gardner (Program Pengembangan Hukum Perdagangan (Commercial Law Development Program), Departemen Perdagangan AS (U.S. Department of Commerce). Para penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan buku panduan ini: Martin Oswald dari Bank Dunia (World Bank); Shareen Yawanarajah dari Dana Pertahanan Lingkungan (Environmental Defense Fund); Dan McDougall dari Koalisi Iklim dan Udara Bersih (Climate and Clean Air Coalition); Meghan Demeter dari Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (United Nations Environmental Programme); Mark Davis dari Capterio; Riley Duren dan Daniel Bon dari Carbon Mapper; Dr. Gabrielle Dreyfus dan Tad Ferris dari Institut Tata Kelola dan Pembangunan Berkelanjutan (Institute for Governance and Sustainable Development); dan Osasu Dorsey dari Administrasi Keselamatan Material Berbahaya dan Jalur Pipa AS (U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration). Selain itu, perencanaan yang matang dan

pengembangannya telah menghasilkan buku panduan ini. Para penulis juga mengucapkan terima kasih atas dukungan dana yang telah disediakan dari Program Tata Kelola Energi dan Mineral, Biro Sumber Daya Energi Departemen Luar Negeri AS (U.S. Department of State's Bureau of Energy Resources, Energy and Mineral Governance Program), yang telah mendanai sepenuhnya penyusunan buku ini.

## **Bagaimana Saya Dapat Menggunakan Buku ini?**

Dalam tradisi berbagi pengetahuan dengan sumber terbuka, buku panduan ini dimaksudkan untuk merefleksikan sifat dinamis proses Book Sprint dan berfungsi sebagai rujukan dan titik awal untuk diskusi dan pengembangan ilmu pengetahuan lebih lanjut. Buku ini diterbitkan berdasarkan Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY NC SA). Dalam memilih lisensi publikasi ini, siapa pun diperbolehkan untuk menyalin, merangkum, mengerjakan kembali, menerjemahkan, dan menggunakan kembali teks untuk tujuan non-komersial tanpa perlu meminta izin dari para penulis, selama hasil pekerjaan tersebut juga dikeluarkan berdasarkan Creative Commons License. Buku panduan ini pada awalnya diterbitkan dalam bahasa Inggris. Terjemahan buku ini akan menyusul segera. Terjemahan tersedia dalam format elektronik di <https://cldp.doc.gov/resources> dan dalam format cetak. Selain itu, buku panduan ini dapat digunakan sebagai sumber daya interaktif secara online. Banyak dari para penulis yang telah berkontribusi juga berkomitmen untuk bekerja di institusi mereka masing-masing untuk menyesuaikan sumber daya ini untuk digunakan sebagai rujukan kursus pelatihan dan inisiatif bantuan teknis.

Hormat kami,  
*Para Penulis*

**Dr. Md. Rafiqul Islam**

Divisi Sumber Daya Energi & Mineral  
(Energy & Mineral Resources  
Division)  
*Pemerintah Bangladesh*  
(Bangladesh)

**Chathura Wijesinghe**

*Otoritas Pengembangan Minyak*  
(*Petroleum Development Authority*)  
(Sri Lanka)

**Kenyon Weaver**

Program Pengembangan Hukum  
Perdagangan (Commercial Law  
Development Program)  
*Departemen Perdagangan AS (U.S.*  
*Department of Commerce)*  
(Amerika Serikat)

**Eric Camp**

Program Pengembangan Hukum  
Perdagangan (Commercial Law  
Development Program)  
*Departemen Perdagangan AS (U.S.*  
*Department of Commerce)*  
(Amerika Serikat)

**Mohamed Badissy**

*PennState Dickinson Law*  
(Amerika Serikat)

**Gil Damon**

*UC Berkeley School of Law*  
(Amerika Serikat)

**Deanna Haines**

*Honeywell*  
(Amerika Serikat)

**K.C. Michaels**

*Badan Energi Internasional*  
(*International Energy Agency*)  
(Prancis)

**Naadira Ogeer**

*Sekretariat Persemakmuran*  
(*Commonwealth Secretariat*)  
(Trinidad dan Tobago)

**Dr. Adam Pacsi**

*Chevron*  
(Amerika Serikat)

**Darin Schroeder**

*Satuan Tugas Udara Bersih (Clean*  
*Air Task Force)*  
(Amerika Serikat)

**Steve Wolfson**

*Badan Perlindungan Lingkungan*  
*AS (U.S. Environmental Protection*  
*Agency)*  
(Amerika Serikat)

**Dr. Ryan Wong**

*Northumbria University*  
Britania Raya (United Kingdom)

# 1. Peluang Metana

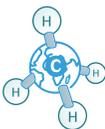
---

**Mengapa Negara Harus  
Mengurangi Metana dari  
Sektor Minyak dan Gas  
Sekarang**

## Sejumlah Poin Penting

- Metana, komponen utama gas alam, merupakan komoditas global dan gas rumah kaca (GRK) yang berkontribusi terhadap terjadinya perubahan iklim.
- Pengurangan metana dalam jangka pendek di semua sektor ekonomi, termasuk sektor minyak dan gas, sangat penting bagi pencapaian target iklim global.
- Pengurangan metana dapat menghasilkan pendapatan, meningkatkan akses energi, menciptakan lapangan kerja, meningkatkan keamanan energi, memudahkan akses terhadap investasi, meningkatkan keselamatan, memajukan kesehatan masyarakat, dan membangun kepemimpinan.
- Pemerintah dapat merancang kebijakan yang efektif untuk mengurangi metana dari sektor minyak dan gas guna mencapai tujuan yang menguntungkan semua pihak.
- Pemerintah harus mampu menangkap peluang metana, dengan mengurangi tingkat emisi dan mempercepat pencapaian target ekonomi dan sosial.

## Perubahan Peran Metana di Sektor Minyak dan Gas



Metana, yang disimbolkan dengan rumus kimia  $\text{CH}_4$ , merupakan komponen utama gas alam. Peran gas alam dalam sistem energi telah banyak berubah seiring waktu.

Ketika minyak pertama kali ditemukan dan diproduksi, gas alam dianggap sebagai sumber bahaya - produk yang tidak diinginkan yang ditemukan bersama dengan deposit minyak. Pada waktu itu, gas alam merupakan gangguan yang perlu dikelola. Untuk memasarkan minyak, banyak produsen membuang gas alam dengan melepaskannya ke udara dengan cara membakarnya (“*flaring* [pembakaran gas suar]”).

Dewasa ini gas alam memainkan peranan penting dalam bauran energi di banyak negara. Gas alam digunakan dalam pembangkitan tenaga listrik, industri, dan di kota untuk kebutuhan pemanasan, serta sebagai bahan baku utama untuk pembuatan pupuk, amonia, dan produk-produk kimia dan petrokimia lainnya. Di beberapa pasar, gas alam umumnya telah menggantikan batu bara dan bahan bakar cair untuk keperluan rumah tangga, industri, dan pembangkit listrik - sehingga emisi karbon dioksida berkurang dan kualitas udara di kota-kota di seluruh dunia menjadi lebih baik. Namun, penelitian menunjukkan bahwa penggantian batu bara dengan gas hanya menghasilkan manfaat bersih untuk iklim (net climate benefit),<sup>1</sup> manakala tingkat kebocoran metana berada di bawah 2,4-3,4 persen.<sup>2</sup>

Kehadiran transportasi gas alam cair berskala besar pada tahun 1950-an menyebabkan gas alam tidak lagi hanya bisa dipindahkan melalui jalur pipa. Beberapa negara yang cadangan gas alam domestiknya berkurang, atau yang tidak memiliki opsi sumber energi lain untuk pembangkit listriknya, mulai dapat memanfaatkan gas alam cair (liquefied natural gas [LNG]) impor.

Gas alam - yang pada awalnya hanya merupakan gangguan atau sumber bahaya - sekarang menjadi sumber energi dan pendapatan utama bagi banyak negara yang menggantungkan pertumbuhan ekonominya pada gas alam. Dewasa ini, beberapa negara bahkan tengah meningkatkan pemanfaatan gas alam untuk pembangunan ekonominya atau menggantikan sumber bahan bakar padat-karbon seperti batu bara. Namun, beberapa negara lain juga tengah mengevaluasi untuk melakukan pengurangan pemanfaatan gas alam di masa yang akan datang sebagai bagian dari rencana transisi energi mereka. Badan Energi Internasional (International Energy Agency) menekankan bahwa serangkaian strategi yang sesuai dengan pencapaian target emisi nol bersih (net-zero) pada tahun 2050 menuntut sektor minyak dan gas untuk memangkas tingkat emisinya hingga 50 persen pada akhir dasawarsa ini dengan mengurangi jumlah konsumsi minyak dan gas.

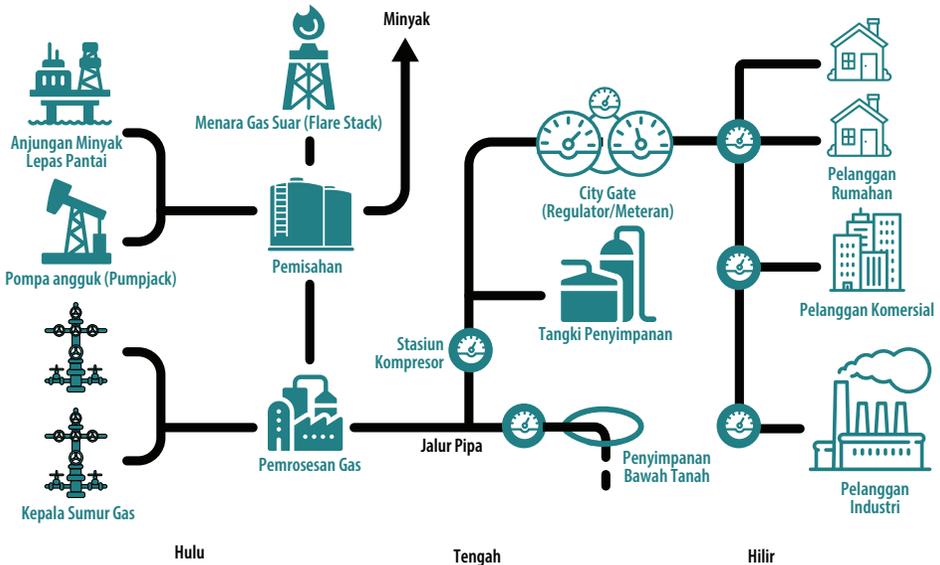
## Metana dan Tantangan Iklim

Metana merupakan gas rumah kaca (GRK) dengan waktu hidup pendek dan terurai di atmosfer dalam waktu sekitar 12 tahun. Menurut Laporan Penilaian ke-5 (the 5th Assessment Report) IPCC, dampak metana diperkirakan ~84 kali lebih besar dibandingkan dengan karbon dioksida jika dirata-ratakan selama 20 tahun dan ~28 kali lebih kuat jika dirata-ratakan selama 100 tahun.<sup>3</sup> Menurut National Oceanic and Atmospheric Administration, konsentrasi metana di atmosfer telah meningkat lebih dari dua kali lipat sejak zaman pra-industri (~715 parts per billion (ppb) menjadi ~1912 ppb pada tahun 2022), dan metana dari semua sumber, alami maupun antropogenik, merupakan jumlah terbanyak kedua GRK.<sup>4</sup>

Sebagaimana dinyatakan dalam Ikrar Metana Global (Global Methane Pledge), “berbagai tindakan hemat biaya yang siap diimplementasikan untuk mengurangi emisi metana dapat menghindari kenaikan suhu lebih dari 0,2 derajat C pada tahun 2050.”<sup>5</sup> Solusi untuk mengurangi emisi metana harus dilakukan bersama-sama dengan pengurangan emisi GRK lainnya, khususnya karbon dioksida, agar target iklim global dapat tercapai.

Pengurangan metana dalam jangka pendek merupakan komponen penting dalam pencapaian target iklim global dan dapat memperlambat pemanasan global. IPCC merekomendasikan perlunya pengurangan emisi metana yang “masif, cepat dan berkelanjutan.”<sup>6</sup>

# Metana dalam Rantai Nilai Minyak dan Gas



Gambar 1.1: Ilustrasi sejumlah segmen berbeda rantai nilai minyak dan gas.

Metana dapat dihasilkan pada seluruh rantai nilai minyak dan gas, yang terdiri dari tiga segmen:

- **Hulu.** Produksi, pengumpulan, dan pengolahan minyak dan gas.
- **Tengah.** Transmisi gas dengan jalur pipa atau sebagai LNG dan kegiatan-kegiatan penyimpanan.
- **Hilir.** Pengangkutan dan penyulingan minyak dan sistem distribusi gas lokal kepada konsumen.

Sebagian besar emisi metana dari operasi minyak dan gas dapat digolongkan ke dalam salah satu dari tiga kategori ini:



**Flaring.** Pembakaran gas alam yang dilakukan dengan sengaja untuk mengurangi tekanan pada upset conditions atau manakala pengiriman gas untuk dijual tidak memungkinkan. Ketika gas alam dibakar, sebagian besar metana diubah menjadi CO<sub>2</sub>, namun sebagian metana tetap tidak terbakar.

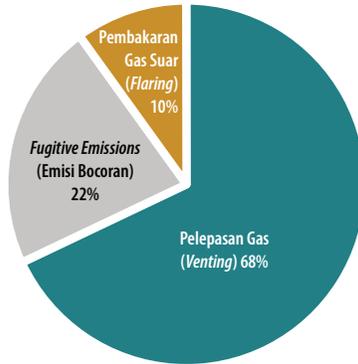


**Venting.** Pelepasan secara sengaja gas alam yang timbul dari suatu proses atau kegiatan langsung ke udara.



**Fugitive emissions.** Pelepasan gas metana secara tidak sengaja yang diakibatkan karena kebocoran, misalnya, dari katup atau flensa. Karena metana tidak berwarna dan tidak berbau, kebocoran dapat tidak terdeteksi tanpa adanya kegiatan inspeksi reguler.

Badan Energi Internasional (IEA) memperkirakan emisi metana global dari aktivitas sektor minyak dan gas berjumlah 82 juta metrik ton pada tahun 2022.<sup>7</sup> Gambar 1.2 menunjukkan proporsi relatif emisi metana dari *flaring*, *venting*, dan *fugitive emission*.



Gambar 1.2: Beberapa sumber emisi metana di sektor minyak dan gas alam (2021).<sup>8</sup>

## Peluang: Pengurangan Metana dari Minyak dan Gas

Banyak pemerintah negara telah mulai memprioritaskan pengurangan metana jangka pendek seiring dengan meningkatnya pengetahuan mengenai hal ini. Lebih dari 150 negara telah turut bergabung dalam Ikrar Metana Global pada saat buku ini ditulis. Ikrar Metana Global meliputi, di antaranya, komitmen untuk “bekerja bersama untuk secara kolektif mengurangi emisi metana antropogenik global di semua sektor sekurang-kurangnya 30 persen di bawah tingkat tahun 2020 pada tahun 2030.” Berbagai forum internasional lain juga telah menyadari pentingnya persoalan metana sebagai isu yang perlu mendapatkan prioritas perhatian.<sup>9</sup>

Sektor minyak dan gas bukanlah sumber satu-satunya atau terbesar emisi metana antropogenik. Ada tiga sektor penghasil emisi metana terbesar yang disebabkan oleh manusia: energi, pertanian, dan sampah. Masing-masing sektor memerlukan pendekatan yang berbeda dalam Upaya aksi pengurangan metana. Meskipun fokus buku ini adalah pengurangan metana dari minyak dan gas, pemerintah dapat memaksimalkan efek

dari pengurangan metana dengan melakukan serangkaian tindakan serentak di sektor-sektor lain.

**Perkembangan mutakhir di bidang penginderaan jauh menunjukkan bahwa sektor energi berpotensi untuk mengurangi emisi metana dalam waktu dekat.** Pada tahun 2022, IEA memperkirakan bahwa sektor minyak dan gas dunia menghasilkan ~82 juta ton metana dan bahwa ~70 persen emisi metana yang dihasilkan oleh operasi bahan bakar fosil global dapat dipangkas dengan menggunakan teknologi yang sudah sangat dikenal yang ada saat ini.<sup>10</sup>

**Pengurangan metana di sektor minyak dan gas dapat menjadi solusi yang menguntungkan semua pihak.** Penurunan cepat metana dari sektor minyak dan gas mungkin dilakukan dan hal tersebut dapat dan semestinya meningkatkan pertumbuhan ekonomi, lapangan kerja, kesehatan masyarakat, keselamatan pekerja, dan daya saing internasional secara luas. Pengurangan metana di sektor minyak dan gas merupakan upaya mitigasi perubahan iklim dan peluang pertumbuhan ekonomi.

**Namun “bagaimana caranya” juga penting.** Bagaimana cara metana diturunkan akan menentukan seberapa banyak manfaat ekonomi dan sosial yang dapat diraih oleh suatu negara. Pengurangan gas metana menuntut penyesuaian lingkungan regulasi dan operasi untuk penanaman modal di sektor minyak dan gas. Berbagai persoalan yang perlu dipertimbangkan antara lain:

- **Biaya.** Siapa yang akan menanggung biaya yang timbul untuk penerapan teknologi dan sejumlah praktik baru?
- **Pendapatan.** Akankah pendapatan negara atau Perusahaan Minyak Nasional (PMN) dapat berkurang?
- **Kapasitas.** Apakah pemerintah, PMN dan berbagai perusahaan swasta akan mengembangkan kepakaran dan penyediaan tenaga ahli yang dapat memenuhi tuntutan regulasi dan operasi baru untuk mengurangi metana?
- **Lapangan Pekerjaan.** Apakah pengurangan metana akan berdampak terhadap lapangan pekerjaan? Apakah

pengurangan metana akan memberikan dampak yang tidak merata di masyarakat?

- **Teknologi.** Apakah teknologi pengurangan emisi metana akan dapat tersedia dan terjangkau?

Meskipun berbagai persoalan tersebut nyata dan harus diatasi, pengurangan metana dari kegiatan sektor minyak dan gas dapat mendatangkan manfaat yang signifikan

- **Pendapatan yang Lebih Besar.** Pemerintah dapat memonetisasi metana yang saat ini dibuang-buang. Pengurangan metana dapat menghasilkan pendapatan yang lebih besar untuk keuangan negara dan tata layanan yang lebih baik bagi sumber daya publik.
- **Peningkatan Akses Energi** Pemerintah dan operator bisa meningkatkan akses energi untuk masyarakat dengan menangkap dan menggunakan metana untuk pembangkitan listrik, pemanasan, dan kebutuhan memasak.
- **Penciptaan Lapangan Pekerjaan.** Teknologi pengurangan metana memerlukan tenaga kerja yang terlatih, sehingga dapat membuka lapangan pekerjaan baru.<sup>11</sup>
- **Keamanan Energi yang Meningkat.** Dengan tidak membuang-buang metana, ketergantungan pada berbagai sumber energi impor yang kadang-kadang mahal dapat dikurangi.
- **Akses terhadap Investasi.** Perusahaan, termasuk PMN, ingin mendapatkan akses pembiayaan iklim atau hijau, tapi untuk keperluan itu, mereka perlu menunjukkan bahwa mereka memiliki metrik iklim dan Lingkungan, Sosial dan Tata Kelola (Environmental, Social and Governance [ESG]) yang kuat
- **Keselamatan Publik yang Lebih Baik.** Kegiatan pengurangan gas metana dapat mengurangi potensi bahaya terhadap publik dan pekerja
- **Perbaikan Kualitas Udara.** Pengurangan emisi metana dapat memberi manfaat lanjutan yaitu peningkatan kualitas udara di sekitar lokasi.

→ **Kepemimpinan Iklim di Kawasan dan Dunia.** Penurunan emisi metana merupakan prioritas utama global dan beberapa negara yang menunjukkan kemajuannya dalam hal pengurangan emisi metana akan diakui sebagai pemimpin kawasan dan global.



Gambar 1.3: Ilustrasi manfaat pengurangan metana.

## Semakin Tinggi Pendapatan, Semakin Berdaya: Bagaimana Pemerintah Dapat Meraih Manfaat dengan cara Memanfaatkan Gas daripada Membakarnya

Beberapa pemerintah negara dan PMN kehilangan peluang karena mengizinkan dilakukannya pembakaran gas ikutan. Pengurangan *flaring* membuat gas tambahan bisa disalurkan ke pasar konsumen atau digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Proyek penyaluran gas ke jalur pipa dan pemanfaatan gas untuk pembangkit listrik ini merupakan solusi yang menguntungkan untuk pemerintah, industri, dan publik. Dalam beberapa kasus, berbagai proyek ini hampir tidak memerlukan dana pemerintah karena semua dilakukan oleh pihak swasta yang ingin mendapatkan keuntungan. Apalagi, dalam berbagai proyek gas untuk pembangkit tenaga listrik, tenaga listrik yang dihasilkan dapat meningkatkan stabilitas jaringan listrik dan mengurangi emisi yang dihasilkan dari elektrifikasi operasi.

Dua contoh dari Mesir mengilustrasikan peluang potensial ini. Pada contoh pertama, sebuah perusahaan minyak independen yang berbasis di Britania Raya, Pharos Energy, mengurangi *flaring* gas sebesar 30 persen pada operasi ladang minyaknya dengan memasang dua pembangkit listrik tenaga gas baru. Tindakan ini secara signifikan mengurangi biaya dan tingkat polusi yang disebabkan oleh pembakaran solar. Berdasarkan perhitungan Capterio's FlareIntel, peniadaan *flaring* dan emisi diesel dari sejumlah proyek ini mengurangi kira-kira 42.000 ton setara CO<sub>2</sub> per tahun.

Di lapangan minyak yang lain, BUMN Ukraina, Naftogaz, memasang peralatan baru untuk menangkap gas alam yang mestinya dibakar kemudian mengirimkannya ke pasar melalui jalur pipa di dekatnya. Tindakan ini mengurangi emisi sampai 800.000 ton setara CO<sub>2</sub> per tahun. FlareIntel memperkirakan hampir 15 juta SCF (standard cubic feet) gas alam per hari diperdagangkan alih-alih dibakar karena proyek gas ke jalur pipa ini.<sup>12</sup>

## **Akankan Negara Menangkap Peluang Ini?**

Akan seperti apakah masa depan minyak dan gas? Jawabannya akan bergantung pada bagaimana negara memanfaatkan peluang pengurangan metana di sektor ini. Negara yang jeli menangkap gelombang besar analisis, alat, standar, praktik, dan komitmen baru dapat dengan cepat mengurangi emisi metana dari sektor minyak dan gas. Ada banyak peluang untuk mengembangkan keinginan dan pelaksanaan pengurangan metana.

## **2. Perencanaan untuk Mengurangi Emisi Metana dari Sektor Minyak dan Gas**

## Sejumlah Poin Penting

- Pemerintah nasional dan subnasional (daerah) berencana untuk mengurangi metana dengan menetapkan target dan tujuan tingkat tinggi untuk metana di semua sektor dalam suatu rencana aksi metana nasional. Belasan negara telah mengadopsi atau tengah mengembangkan rencana aksi metana.
- Sejumlah negara yang mengembangkan rencana aksi nasional dan tindakan spesifik berdasarkan sektor dapat mengambil sejumlah contoh penting dari beberapa negara lain tentang apa yang dapat diikutsertakan.
- Para mitra pengembangan internasional untuk sektor minyak dan gas memiliki sumber daya untuk mengembangkan rencana pengurangan metana minyak dan gas, peta jalan (roadmap), dan regulasi khusus.
- Ketika membuat suatu kebijakan pengurangan metana di sektor minyak dan gas, para pembuat kebijakan dan regulator harus menyesuaikan kebijakan tersebut dengan kondisi yang ada.
- Penentuan opsi pengurangan metana bergantung pada tiga segmen industri – hulu, tengah dan hilir.

## Rencana Aksi Metana Nasional

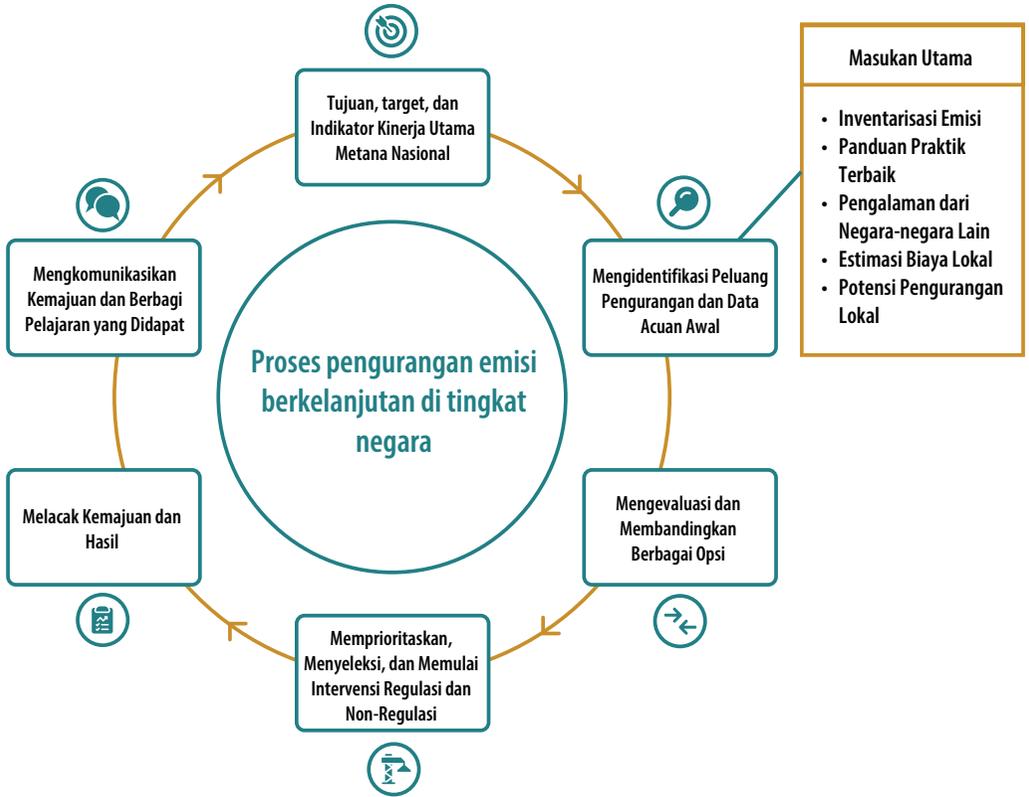
Rencana aksi metana nasional menyajikan beragam gagasan dari sudut ekonomi dalam mengendalikan emisi. Rencana aksi nasional adalah tempat yang baik untuk menetapkan target dan tujuan tingkat tinggi untuk pengurangan metana di semua sektor, termasuk minyak dan gas, batu bara, limbah, dan pertanian. Rencana aksi ini dapat mencakup target angka tingkat tinggi, daftar tindakan mitigasi spesifik yang akan dilakukan pemerintah, atau keduanya.

- Rencana Aksi Nasional untuk Mitigasi Polutan Iklim Dengan Waktu Hidup Singkat (National Action Plan to Mitigate Short-Lived Climate Pollutants) (2018) dari **Ghana** mengidentifikasi serangkaian tindakan spesifik untuk mengurangi metana dan polutan lainnya di semua sektor.<sup>13</sup>

- Rencana Aksi Pengurangan Emisi Metana (2021) **Amerika Serikat** merinci beberapa langkah regulasi dan non-regulasi yang tengah dilakukan pemerintah AS untuk mengurangi metana yang berasal dari minyak dan gas, tempat pembuangan sampah, tambang batu bara, pertanian, serta industri dan bangunan lainnya.<sup>14</sup>
- Rencana Aksi Metana Nasional (2022) **Norwegia** tidak menetapkan suatu target terpisah untuk metana tetapi mencatat bahwa metana dicakup oleh target pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyeluruh Norwegia sebesar 55 persen pada 2030 dan 90-95 persen pada 2050 (dibandingkan dengan tingkat pada 1990).<sup>15</sup>
- Strategi Metana (2022) **Kanada** menyajikan sejumlah tindakan pengurangan dan program pendukung untuk mengurangi emisi metana domestik hingga lebih dari 35 persen pada 2030 (dibandingkan dengan 2020). Untuk sektor minyak dan gas, Kanada telah berkomitmen untuk mengurangi emisi hingga 75 persen pada 2030 dibandingkan dengan 2012.<sup>16</sup>

Saat negara melacak kemajuan terhadap tujuan kebijakan masing-masing, target dan rencana dapat direvisi untuk mencerminkan pembelajaran baru.

Beberapa negara yang mengembangkan rencana aksi baru dapat mengambil contoh-contoh penting dari beberapa negara lain tentang apa yang dapat diikuti sertakan. Terhitung sejak bulan Mei 2023, diperkirakan 50 negara telah mengadopsi atau tengah mengembangkan rencana aksi metana.<sup>17</sup>



Gambar 2.1: Proses pengurangan emisi berkelanjutan di tingkat negara.

Terdapat sumber daya yang tersedia untuk membantu beberapa negara dalam proses ini, termasuk Program Aksi Peta Jalan Metana (Methane Roadmap Action Program [M-RAP]) dari Koalisi Iklim dan Udara Bersih (Climate and Clean Air Coalition [CCAC]).<sup>18</sup>



## Studi Kasus: Rencana Aksi Metana Vietnam (Vietnam Methane Action Plan) 2030

Suatu rencana aksi dapat menunjukkan maksud dan menggambarkan proses pengembangan suatu peta jalan yang lebih detail. Rencana Aksi Metana Vietnam 2030 menetapkan target-target untuk mengurangi emisi secara keseluruhan sekurang-kurangnya 30 persen di bawah tingkat 2020 pada 2030, dengan target-target spesifik untuk sektor-sektor pertanian, limbah, dan energi.

Rencana Aksi Metana Vietnam menyatakan bahwa “Pengurangan emisi metana harus dilakukan berdasarkan analisis biaya-manfaat (cost-benefit) sesuai peta jalan yang telah ditetapkan yang menjamin hak-hak yang sah dan manfaat bagi entitas kelembagaan dan entitas perorangan serta mendorong inovasi yang membantu terwujudnya pengembangan sosial dan ekonomi Vietnam yang berkesinambungan”. Peta jalan ini mencakup ketentuan untuk:

- Mempromosikan alih dan adopsi teknologi untuk mendukung instalasi solusi-solusi pengurangan metana.
- Menetapkan kerangka kerja regulasi untuk mengelola kredit karbon dari pengurangan metana dan mendukung para penghasil emisi untuk mengakses pasar karbon domestik dan internasional.

Rencana ini juga mengamanatkan agar tindakan untuk memangkas metana selaras dengan kebijakan-kebijakan yang ada, menginstruksikan para pejabat kementerian untuk menyertakan pengurangan emisi metana dalam strategi tanggapan perubahan iklim, rencana pertumbuhan hijau nasional, dan rencana induk per sektor dan rencana induk tingkat provinsi.

# Rencana Pengurangan Metana untuk Sektor Minyak dan Gas

Dalam rangka mendukung rencana aksi nasional yang mengikutsertakan sektor ekonomi, banyak negara tengah membuat kebijakan dan peta jalan yang lebih terperinci yang menetapkan berbagai tindakan spesifik untuk mengatasi emisi dari sektor minyak dan gas. IEA telah membuat suatu Peta Jalan dan Perangkat Regulasi (Regulatory Roadmap and Toolkit) untuk membantu para pembuat kebijakan dengan mengidentifikasi langkah-langkah yang dapat dilakukan pemerintah untuk merancang dan mengimplementasikan kebijakan dan regulasi baru terkait metana.<sup>19</sup>

Langkah-langkah ini dapat secara luas dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahapan: pemahaman kondisi, rancangan regulasi, dan implementasi. Langkah-langkah ini dapat dilaksanakan dalam suatu rangkaian atau terjadi secara bersamaan.



Gambar 2.2: Peta jalan IEA untuk rancangan kebijakan metana yang efektif.<sup>20</sup>

## Mengevaluasi Biaya dan Manfaat Pengurangan Metana

Ketika menetapkan target dan rencana spesifik sektor minyak dan gas, negara dapat memprioritaskan berbagai sumber emisi

yang paling signifikan atau opsi-opsi pengurangan metana yang paling efektif biaya. Pelacak Metana Global (Global Methane Tracker) dari IEA adalah titik awal yang baik untuk informasi ini.<sup>21</sup> Pelacak ini memberikan estimasi emisi metana, opsi pengurangan dan biaya berdasarkan tiap negara kepada IEA. Informasi ini dapat membantu mengidentifikasi bidang-bidang dengan potensi mitigasi terbesar, meskipun tanpa informasi tingkat negara yang terperinci.

Seiring waktu, negara dapat berupaya memperoleh informasi spesifik tiap negara tentang potensi sumber dan biaya emisi Perangkat Pengurangan Metana Negara (Country Methane Abatement Tool [CoMAT]) dari Satuan Tugas Udara Bersih (Clean Air Task Force) dirancang untuk membantu para regulator dalam membuat estimasi emisi saat ini dan potensi pengurangan dari berbagai opsi kebijakan.<sup>22</sup> Pada akhirnya, suatu kurva biaya pengurangan marjinal (Marginal Abatement Cost Curve [MACC]) yang terperinci dapat membantu menunjukkan tempat di mana pengurangan dapat dilakukan dengan biaya yang terendah, sehingga dengan demikian membantu membuat prioritas di antara berbagai opsi mitigasi.

## Membuat Kurva Biaya Pengurangan Marjinal

Kurva biaya pengurangan marjinal (MACC) di tingkat negara menunjukkan peluang pengurangan metana sehubungan dengan biaya, yang dapat menginformasikan pilihan-pilihan tentang opsi mitigasi apa yang akan diprioritaskan

Banyak perangkat yang tersedia untuk membantu pengembangan MACC dan para pakar dari berbagai organisasi seperti CATF dan yang lainnya dapat memberikan advis tentang pembuatan MACC yang layak.<sup>23</sup>

Masukan utama dalam proses ini mencakup:

- Jumlah emisi tahunan yang berkurang secara memungkinkan, yang secara khusus disebutkan dalam ton metana atau emisi yang setara CO<sub>2</sub>
- Estimasi biaya modal.
- Biaya rutin tahunan untuk berbagai aktivitas, termasuk biaya tenaga kerja atau biaya pemeliharaan.
- Tingkat diskonto untuk membantu menentukan suatu nilai bersih saat ini atau indikator ekonomi lainnya yang mempertimbangkan nilai relatif dari pengeluaran saat ini dibandingkan dengan pengeluaran yang akan datang.
- Pertimbangan mengenai usia manfaat peralatan.
- Nilai penghematan biaya, seperti biaya pemeliharaan yang lebih rendah untuk intervensi, termasuk potensi nilai gas alam yang di-recovered.

MACC dapat berubah mengingat teknologi berkembang dan dapat menjadi tersedia secara luas. Teknologi-teknologi pemantauan baru masih dalam proses pengembangan, yang dapat mengurangi biaya untuk menemukan dan memperbaiki emisi kebocoran (fugitive emission) (*Lihat Bab 9: Pemantauan*). Namun, sebagian besar pertimbangan rancangan yang dibahas dalam bab ini sudah ditetapkan dengan baik.

Mengingat bahwa solusi terhadap emisi metana perlu diupayakan beriringan dengan pengurangan karbon dioksida, pemerintah perlu mempertimbangkan bagaimana memprioritaskan serangkaian tindakan pengurangan metana beserta berbagai tindakan mitigasi yang ditujukan pada emisi

gas rumah kaca (GRK) lain dan upaya adaptasinya. Biaya dapat menjadi faktor yang sangat penting dalam mengambil keputusan-keputusan ini, khususnya apabila sumber daya terbatas

## Potensi Pemanasan Global: Yang Perlu Diketahui Para Pembuat Kebijakan

Para pembuat kebijakan dapat memperkirakan dampak pemanasan global dengan menggunakan Potensi Pemanasan Global (Global Warming Potential [GWP]), yang mengungkapkan jumlah ton gas rumah kaca yang dikeluarkan dalam bentuk emisi dalam istilah yang setara dengan CO<sub>2</sub> untuk menghadirkan suatu tindakan tunggal atas jumlah total emisi gas rumah kaca (setara dengan CO<sub>2</sub>). IPCC telah menyebutkan "GWP untuk metana antara 84-87 apabila mempertimbangkan dampaknya selama kerangka waktu 20 tahun (GWP20) dan antara 28-36 apabila mempertimbangkan dampaknya selama kerangka waktu 100 tahun (GWP100). Dengan demikian, satu ton metana dapat dianggap setara dengan 28 sampai 36 ton CO<sub>2</sub> jika melihat dampaknya selama 100 tahun."<sup>24</sup> Berdasarkan UNFCCC, para Pihak sepakat untuk menggunakan GWP 100 tahun (atau GWP100) untuk pelaporan dan kemajuan pelacakan nasional berdasarkan Pasal 13 Perjanjian Paris (Paris Agreement), dan panduan pelaporan menetapkan penggunaan nilai GWP100 dari Laporan Asesmen Kelima IPCC.<sup>25</sup> Panduan IPCC memberikan berbagai metrik yang menjadi dasar bagi beberapa negara untuk melaporkan emisi gas rumah kaca. Berdasarkan Perjanjian Paris, berbagai negara akan menggunakan GWP100 dari Laporan Penilaian Kelima IPCC.

# Menyesuaikan Kebijakan Metana dengan Konteks Lokal

Kebijakan minyak dan gas akan sangat efektif apabila disesuaikan dengan kondisi lokal dari suatu yurisdiksi, termasuk konteks politik dan regulasi, sifat industri, ukuran dan lokasi sumber emisi, dan sejumlah tujuan kebijakan yurisdiksi.

Pertimbangan utama dapat berupa kematangan sektor minyak dan gas di negara yang bersangkutan: apakah sebagai produsen baru, produsen saat ini, atau produsen di tahap akhir.

Tabel 2.1: Perbandingan posisi awal versus peluang untuk pengurangan metana minyak dan gas

| Berbagai Posisi Awal   | Peluang untuk Penghindaran dan Pengurangan Metana bagi Negara   |
|--|---|
| <p><b>Produsen baru</b></p> <p>Negara tanpa produksi atau yang produksinya terbatas saat ini dapat membuat regulasi secara bersamaan seiring dengan tingkat pemahaman negara mengenai operasi minyak dan gas.</p>  | <p>Memerlukan fasilitas baru untuk dirancang sesuai standar emisi metana mendekati nol – melakukannya dengan benar dari awal dapat menghindari retrofit yang lebih mahal dan membangun praktik kerja terbaik pada tahap perancangan.</p>            |
| <p><b>Produsen tahap awal dan tahap pertengahan</b></p> <p>Keadaan bervariasi berdasarkan skala dan kompleksitas industri. Misalnya, suatu negara pulau dengan satu ladang minyak lepas pantai versus beberapa negara dengan produksi gas di daratan, lepas pantai, konvensional dan tidak konvensional.</p> | <p>Fokus terlebih dahulu pada para penghasil emisi (penghasil emisi dalam jumlah tinggi) untuk mendapatkan pengurangan terbesar dengan investasi yang sekecil mungkin. Pembuatan prioritas dapat dirancang dengan fokus pada efektivitas biaya.</p> |

### **Produsen tahap akhir**

Dapat memerlukan produksi yang tengah berlangsung, dan sumur-sumur minyak yang mendekati masa akhir operasi atau yang ditinggalkan.

Mengupayakan peluang pengurangan metana yang berkelanjutan untuk produksi aktif, yang dapat memerlukan langkah lebih lanjut daripada tindakan regulasi awal. Kebijakan dapat mengembangkan berbagai program untuk menutup dan meninggalkan sejumlah sumur minyak secara benar untuk mengurangi potensi emisi metana.

Terdapat banyak pertimbangan penting ketika membuat suatu kebijakan pengurangan metana minyak dan gas.

**Pertimbangan lokal.** Biaya barang atau peralatan dapat berbeda secara signifikan di seluruh dunia. Demikian juga, barang dan jasa dapat dikenakan persyaratan kandungan lokal yang mungkin tidak memiliki kapasitas pembuatan teknologi pengurangan metana secara spesifik.

**Rantai pasokan dan logistik.** Beberapa negara saat ini tengah mengadopsi peraturan metana dan persyaratan pengendalian. Meskipun pasar pada akhirnya akan menyeimbangkan tingkat persediaan dan permintaan untuk teknologi-teknologi ini, mungkin ada tantangan jangka panjang dalam memperoleh perangkat peralatan spesifik, yang kemungkinan memerlukan jadwal penggunaan bertahap (*phase-in timeliness*) yang wajar untuk pengendalian keteknikan. Contohnya, American Petroleum Institute (API) saat ini menyebutkan waktu *back-order* (pesanan yang tidak terpenuhi karena barang tidak tersedia) selama 1 tahun untuk sistem udara kompresi dan 1,5-2 tahun untuk panel surya, yang merupakan teknologi pengurangan metana yang penting. Namun, laporan terkini oleh Datu Research, berdasarkan wawancara dengan para penyedia teknologi nol emisi menyatakan bahwa para pemasok sangat siap untuk memenuhiantisipasi permintaan di Amerika Serikat. Para regulator dapat mempelajari tentang situasi saat ini dari rantai pasokan dari sektor minyak dan gas lokal dan para penyedia teknologi.

**Layanan lokal dan pelatihan.** Untuk sejumlah jenis tertentu peluang pengurangan metana, para operator dan kontraktor akan memerlukan pelatihan tentang prosedur atau praktik pemeliharaan untuk dapat mengurangi emisi metana secara efektif. Ketersediaan personel pemeliharaan lokal dan perolehan suku cadang dan material pengganti yang sedang berlangsung merupakan hal yang sangat penting untuk pelaksanaan berbagai opsi pengurangan metana lainnya secara efektif.

**Ketahanan terhadap kondisi cuaca lokal.** Kondisi cuaca lokal, seperti suhu ekstrem atau tingkat presipitasi, akan memengaruhi standar desain peralatan. Sejumlah studi kasus dan solusi pengurangan yang dibuat untuk satu operasi atau lokasi mungkin tidak berlaku untuk operasi atau lokasi yang lain.

**Sumber baru versus sumber lama.** Biaya pengendalian emisi metana dalam merancang fasilitas baru mungkin lebih rendah daripada melakukan modifikasi teknologi baru (retrofitting) pada sumber lama untuk berbagai alasan. Beberapa contoh mencakup jaminan bahwa pembangkitan tenaga listrik di lapangan disesuaikan ukurannya dengan beban listrik yang terkait dengan kompresor udara atau vapor recovery unit atau ketersediaan ruang dek pada anjungan lepas pantai untuk tambahan unit pemrosesan yang diperlukan untuk pengurangan metana. Para produsen baru dapat memaksimalkan keuntungan dari para mitra lokal dan internasional dan mengadopsi sejumlah praktik regulasi terbaik dari beberapa pasar yang lebih mapan, yang disesuaikan dengan keadaan lokal. Apabila fasilitas baru didesain dengan teknologi mitigasi yang terbaik yang tersedia, sangatlah memungkinkan emisi metana mendekati nol dapat dicapai.



## Berbagai Sumber yang Bermanfaat

Kemitraan Metana Minyak dan Gas (Oil and Gas Methane Partnership): Dokumen panduan dan templat. <https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

Kemitraan Lingkungan (The Environmental Partnership): Bertindak — Program Kinerja Lingkungan. <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/taking-action/>

Beberapa prinsip Panduan Metana (Methane Guiding Principles): Sumber Daya — Panduan dan Alat Praktik Terbaik. <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/>

Program Bintang Gas Alam (Natural Gas Star Program): Teknologi yang Direkomendasi untuk Mengurangi Emisi Metana. <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-mitigation-technologies-platform>

Perusahaan ExxonMobil (ExxonMobil Corporation): Memitigasi Emisi Metana dari Industri Minyak dan Gas: Model Kerangka Regulasi. <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>

Bantuan dari Koalisi Iklim dan Udara Bersih (The Climate and Clean Air Coalition). <https://www.ccacoalition.org/content/methane-technical-assistance>

Panduan dari Satuan Tugas udara Bersih (The Clean Air Task Force). <https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

Laporan IEA: Mengurangi Kebocoran Metana dari Industri Minyak dan Gas. <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap>

# **3. Memulai dengan Regulasi Pengurangan Metana**

---

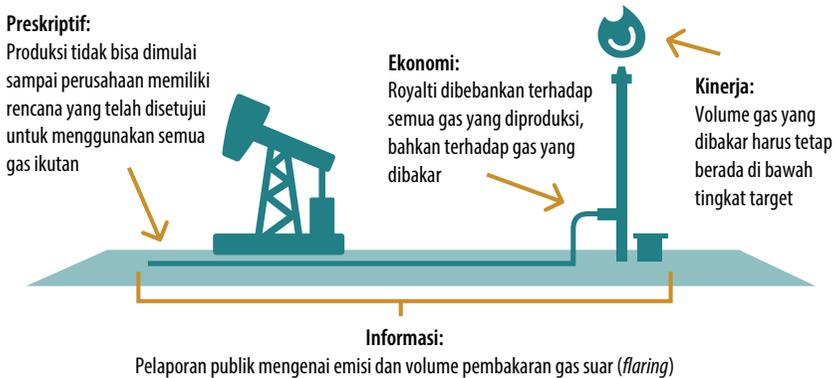
## Sejumlah Poin Penting

- Memahami berbagai tindakan yang dapat diterapkan untuk mengurangi emisi metana merupakan titik awal yang baik dalam mengembangkan regulasi baru
- Ada empat pendekatan utama dalam regulasi metana – preskriptif, kinerja, ekonomi, dan informasi. Keempat pendekatan ini tidak bersifat eksklusif; suatu rezim regulasi kemungkinan besar akan mencakup unsur-unsur dari berbagai pendekatan.
- Kerangka hukum dan regulasi yang ada akan menentukan tindakan regulasi yang mungkin diambil dan siapa yang memiliki kewenangan untuk mengembangkan kebijakan baru.
- Mengikutsertakan pemangku kepentingan utama dalam pengembangan kebijakan pengurangan metana akan memberi suara kepada mereka dalam pengambilan keputusan yang berdampak pada mereka dan memberikan informasi dalam pembuatan kebijakan.
- Pelaku industri mungkin sudah mengambil tindakan sukarela di mana tindakan regulasi dapat mengembangkan dan menguatkannya.
- Melihat regulasi yang ada di negara lain dapat memberikan wawasan mengenai opsi-opsi regulasi yang paling sesuai. Misalnya, regulasi yang ada pada umumnya mencakup persyaratan deteksi kebocoran dan perbaikan, pembatasan *flaring* (pembakaran gas suar) dan *venting* (pelepasan gas), dan standar untuk peralatan dan proses tertentu.

## Potensi Kebijakan dan Strategi Regulasi

Titik awal yang baik dalam mengembangkan kebijakan atau regulasi baru adalah memahami berbagai jenis strategi regulasi yang dapat diterapkan untuk pengurangan metana. Berdasarkan survei terhadap regulasi metana minyak dan gas yang ada, IEA telah mengklasifikasikan berbagai pendekatan yang dapat diterapkan terhadap emisi metana minyak dan gas.<sup>26</sup>

- Tindakan **preskriptif** secara langsung mengharuskan entitas untuk melakukan atau tidak melakukan tindakan atau prosedur tertentu. Hal ini mencakup persyaratan deteksi dan perbaikan kebocoran (leak detection and repair [LDAR]), standar peralatan, dan larangan atau moratorium.
- Tindakan **kinerja** menetapkan standar kinerja wajib bagi entitas yang diatur namun tidak menentukan bagaimana target harus dicapai. Hal ini dapat ditetapkan pada skala yang tinggi (misalnya, standar kinerja di seluruh fasilitas) atau pada skala yang lebih terbatas (misalnya, standar kinerja untuk efisiensi pembakaran gas suar).
- Tindakan **ekonomi** mendorong tindakan dengan mengenakan biaya atau memberikan insentif keuangan untuk perilaku tertentu. Hal ini bisa meliputi hal mulai dari insentif yang relatif spesifik, seperti pajak atas *flaring* (pembakaran gas suar) dan *venting* (pelepasan gas) atau subsidi langsung untuk tindakan pengurangan emisi, sampai tindakan yang lebih luas yang menghubungkan pengurangan metana dengan pasar karbon multi-sektor.
- Tindakan **informasi** dirancang untuk meningkatkan status informasi tentang emisi dan dapat mencakup persyaratan agar entitas yang diatur dapat memperkirakan, mengukur, dan melaporkan emisi mereka kepada badan publik. Hal ini dapat meliputi hal mulai dari pelaporan sederhana mengenai sumber dan fasilitas yang ada sampai pelaporan rinci mengenai tingkat emisi dan data terukur. Misalnya, sistem ini dapat meliputi penerbitan daftar penghasil emisi tertinggi atau data emisi lengkap yang tersedia untuk konsumsi publik. Tindakan informasi dapat menjadi alat yang ampuh untuk mengurangi emisi ketika data dipublikasikan dan perusahaan menghadapi akuntabilitas publik.



Gambar 3.1: Ilustrasi mengenai berbagai pendekatan regulasi potensial yang berbeda dengan menggunakan contoh gas ikutan (*associated gas*).

Keempat pendekatan ini tidak bersifat eksklusif dan suatu sistem regulasi kemungkinan besar akan mencakup beberapa unsur dari berbagai pendekatan. Misalnya, tindakan regulasi di suatu negara dapat meliputi pemberlakuan persyaratan LDAR yang bersifat wajib (tindakan preskriptif), penerapan pajak atas pembakaran gas suar (tindakan ekonomi), dan penerapan standar pelaporan yang mewajibkan perusahaan untuk melaporkan volume gas suar dan hasil spesifik dari setiap kampanye LDAR (tindakan informasi).

## Keunggulan Komparatif

Di seluruh dunia, terdapat banyak contoh peraturan metana minyak dan gas dari masing-masing keempat jenis peraturan utama tersebut. Dalam memilih pendekatan dan elemen yang akan digunakan, terdapat banyak pertimbangan berbeda yang relevan, tergantung pada situasi spesifik di suatu negara.

**Kemudahan pelaksanaan.** Peraturan yang dirancang dengan baik dan bersifat preskriptif pada umumnya relatif mudah diterapkan oleh regulator dan perusahaan karena peraturan tersebut tidak ambigu, kerangka pelaporan dan kepatuhannya

sederhana. Oleh karena itu, sebagian besar regulasi mengenai pengurangan metana yang ada bersifat preskriptif. Pertimbangan ini mungkin penting bagi yurisdiksi dengan sumber daya regulasi yang terbatas. Di sisi lain, instrumen ekonomi mungkin lebih sulit untuk diterapkan, terutama jika instrumen tersebut bergantung pada faktor eksternal seperti skema penetapan harga karbon yang lebih luas atau kerangka kerja internasional untuk penyeimbangan karbon.

**Efektivitas** Pendekatan yang berbeda mungkin bisa lebih efektif bergantung pada keadaan nasional tertentu. Misalnya, regulasi berbasis informasi dapat memungkinkan lahirnya instrumen ekonomi atau instrumen berbasis kinerja, namun regulasi seperti itu umumnya tidak mengarah pada terwujudnya pengurangan metana.

**Kebutuhan akan data berkualitas tinggi.** Jenis data yang diperlukan, baik data emisi maupun data lainnya, merupakan pertimbangan penting. Pajak atas *flaring* (pembakaran gas suar) hanya berfungsi untuk mengurangi emisi jika perusahaan dapat yakin bahwa pengurangan pembakaran gas suar akan mengurangi tagihan pajak mereka. Program semacam ini mungkin memerlukan pengukuran volume pembakaran gas suar dan pelaporan data terukur tersebut ke lembaga pemerintah terkait.

**Fleksibilitas atau rigiditas dalam rezim peraturan.** Pendekatan preskriptif cenderung terbatas pada pilihan teknologi yang ada ketika regulasi tersebut difinalisasi. Sebaliknya, pendekatan kinerja dan ekonomi memungkinkan perusahaan untuk dapat memilih cara mematuinya ketika teknologi baru tersedia.

Meskipun berbagai hal tersebut merupakan pertimbangan umum dalam memilih rezim regulasi, faktor-faktor lain yang berkaitan dengan norma-norma internasional, dinamika pasar, guncangan geopolitik, komplikasi dalam negeri, dan keberterimaan pemangku kepentingan juga harus dipertimbangkan.

Tabel 31: Tabel IEA mengenai pendekatan regulasi, kelemahan, dan manfaat.<sup>27</sup>

| Pendekatan regulasi         | Biaya transaksi   | Rigiditas  | Prakondisi  | Pertimbangkan kapan...  | Contoh  |
|-----------------------------|---|--|---|---|---|
| Preskriptif                 | <b>Rendah</b><br>Sederhana untuk dikelola baik oleh regulator maupun perusahaan | <b>Tinggi</b><br>Hanya perubahan yang ditentukan yang akan terjadi               | <b>Sedang</b><br>Diperlukan pengetahuan tentang emisi fasilitas                           | Anda telah mengidentifikasi peluang-peluang utama pengurangan                             | Larangan (Guinea Khatulistiwa <sup>28</sup> )                 |
| Berbasis kinerja atau hasil | <b>Sedang</b><br>Diperlukan pemantauan, pengukuran, dan tindak lanjut           | <b>Rendah</b><br>Mendorong solusi yang berbeda                                   | Tinggi<br>Memerlukan informasi tentang emisi dasar dan keseluruhan                        | Anda memiliki pemahaman yang masuk akal tentang emisi dan kemampuan pemantauan            | Batasan fasilitas (Alberta, Kanada <sup>29</sup> )            |
| Ekonomi                     | <b>Tinggi</b><br>Memerlukan sistem verifikasi yang kuat                         | <b>Rendah</b><br>Memungkinkan strategi pengurangan yang spesifik bagi perusahaan | <b>Sedang</b><br>Memerlukan pengetahuan tentang emisi dasar dan kontribusi metana terkait | Sistem pemantauan sudah ada dan Anda ingin memobilisasi solusi yang berbeda               | Royalti (Brazil <sup>30</sup> )                               |
| Berbasis informasi          | <b>Tinggi</b><br>Menuntut pengumpulan, analisis, dan penyebaran informasi       | <b>Sedang</b><br>Memungkinkan solusi lain dalam beberapa kasus                   | <b>Rendah</b><br>Tidak memerlukan informasi sebelumnya                                    | Anda memerlukan pemahaman yang lebih baik tentang emisi metana dan peluang pengurangannya | Mengukur dan melaporkan (Saskatchewan, Kanada <sup>31</sup> ) |

Seringkali berbagai pendekatan yang berbeda digabungkan, misalnya, Vietnam<sup>32</sup> telah menerapkan regulasi yang membatasi pembakaran gas suar (preskriptif), yang memberikan hak kepada pemerintah untuk memberikan hak untuk menggunakan, secara gratis, gas yang akan dibakar (ekonomi) dan mewajibkan pelaporan kehilangan gas (berbasis informasi).

## Mengkaji Undang-Undang dan Institusi yang Ada

Beberapa negara mungkin sudah memiliki undang-undang, peraturan, standar, atau kebijakan lain yang mengatur atau dapat mengatasi pengurangan metana di sektor minyak dan gas. Namun, kerangka hukum ini mungkin beragam dalam hal jenis instrumen, prosedur, dan standar hukum untuk mengatasi emisi metana. Beberapa negara mungkin perlu mengembangkan regulasi baru untuk mengatasi emisi metana.

Di beberapa negara, kewenangan yang melekat untuk melindungi sumber daya nasional dan pemanfaatannya mungkin sangat luas. Yurisdiksi lain mungkin memerlukan ketentuan regulasi yang ketat untuk memberikan kewenangan hukum untuk menangani sumber emisi metana tertentu. Beberapa negara dapat melakukan uji coba kebijakan sementara untuk memberikan masukan bagi pembentukan badan regulasi yang menangani emisi metana dari sektor minyak dan gas.



## Studi Kasus: Cara Sri Lanka Mengembangkan Kerangka Regulasinya

Sri Lanka adalah contoh bagaimana pemerintah dapat mengembangkan pendekatannya dalam mengatur pengembangan minyak dan gas dan bagaimana negara tersebut siap untuk mengintegrasikan pengurangan emisi metana ke dalam kerangka regulasi yang ada pada saat ini. Sejarah eksplorasi minyak Sri Lanka dimulai sekitar tahun 1960. Dari tahun 1960 hingga 1984, sejumlah besar data seismik 2D diperoleh, dan tujuh sumur dibor di lepas pantai barat laut. Upaya eksplorasi diperbarui seiring dengan operator seismik Norwegia mengembangkan data seismik 2D berkualitas tinggi pada tahun 2001 dan 2005 di Cekungan Mannar (Mannar Basin). Namun selama periode itu, masih belum jelas apakah Sri Lanka mempunyai regulasi atau pedoman lingkungan hidup untuk operasi perminyakan. Sebagai pengganti regulasi tersebut, Pemerintah Sri Lanka (PSL) memastikan operator akan menggunakan praktik ladang minyak terbaik dengan meninjau dan menyetujui Standar Prosedur (Standards of Procedures [SOP]) operator.

Didorong oleh hasil dari operasi di atas, PSL sejak saat itu memutuskan untuk memberlakukan kerangka hukum dan regulasi baru serta mengadopsi pedoman baru untuk operasi perminyakan. Oleh karena itu, Sekretariat Pengembangan Sumber Daya Perminyakan (Petroleum Resources Development Secretariat [PRDS]), yang didirikan berdasarkan Undang-Undang Sumber Daya Perminyakan (Petroleum Resources Act) No. 26 Tahun 2003, menerbitkan pedoman program geofisika, geologi, lingkungan hidup, dan geoteknik untuk operasi perminyakan pada tahun 2008 dan pedoman program pengeboran lepas pantai pada tahun 2011. Selain itu, Otoritas Perlindungan Lingkungan Laut (Marine Environmental Protection Authority), lembaga yang

bertanggung jawab atas pembersihan lingkungan operasi minyak bumi, mengeluarkan Peraturan Eksplorasi Lepas Pantai dan Eksploitasi Sumber Daya Alam Termasuk Minyak Bumi (Perlindungan Lingkungan Laut) No. 1 Tahun 2011.

Berdasarkan peraturan tersebut, beberapa survei seismik 2D dan 3D lepas pantai dilakukan, dan empat sumur lepas pantai dibor, sehingga menghasilkan dua penemuan gas. Pada tahun 2020, Kabinet Sri Lanka menyetujui Kebijakan Nasional Gas Alam Sri Lanka untuk mendukung proses komersialisasi gas alam.

PSL baru-baru ini mengesahkan Undang-Undang Sumber Daya Minyak baru No. 21 Tahun 2021 dan mendirikan entitas baru untuk mengatur semua operasi hulu minyak bumi di Sri Lanka, yaitu Otoritas Pengembangan Minyak Sri Lanka (Petroleum Development Authority of Sri Lanka [PDASL]). PDASL telah menerbitkan beberapa peraturan untuk menetapkan prosedur untuk memasukkan program eksplorasi, pembuatan data, dan perizinan. Selain itu, PDASL diharapkan dapat merumuskan regulasi-regulasi teknis baru untuk operasi hulu minyak bumi, termasuk bidang kesehatan, keselamatan, dan lingkungan hidup dengan mempertimbangkan pengurangan emisi metana dan pemanfaatan gas.

Upaya tingkat subnasional juga memainkan peran penting dalam pengelolaan emisi di beberapa yurisdiksi. Hal ini mencakup peraturan di beberapa negara bagian AS, seperti California, New Mexico, dan Colorado, serta provinsi di Kanada, seperti Alberta dan British Columbia. Selain itu, inisiatif yang berfokus pada iklim seperti jaringan C40 Cities dan Under2 Coalition telah menyatukan entitas subnasional di seluruh dunia dalam mengatasi emisi metana.

Prosedur persetujuan proyek dapat menjadi sangat penting untuk menilai opsi-opsi pengelolaan emisi metana beserta kelayakan, dampak, dan mitigasinya. Beberapa yurisdiksi mewajibkan pertimbangan perkiraan emisi metana sebelum proyek disetujui, misalnya, sebagai bagian dari Analisis Mengenai Dampak Lingkungan atau rencana pengelolaan GRK. Persetujuan tersebut dapat mencakup penetapan persyaratan untuk memitigasi dampak lingkungan, termasuk pemantauan, prosedur operasional, atau batasan emisi metana.

## **Mengikutsertakan Pemangku Kepentingan**

Pengikutsertaan pemangku kepentingan memberikan suara kepada masyarakat yang terdampak dalam pengambilan keputusan dan memberikan informasi dalam pengambilan keputusan. Proses ini dapat berupa pemberitahuan kepada publik dan kesempatan untuk memberikan tanggapan serta memberikan transparansi. Pengikutsertaan pemangku kepentingan yang efektif dapat mendorong penerimaan.



Gambar 3.2: Para pemangku kepentingan dalam regulasi pengurangan metana.

Kelompok masyarakat sipil dan lembaga lingkungan hidup mungkin berkepentingan dalam pengurangan emisi metana sebagai bagian dari strategi pengurangan GRK nasional atau subnasional. Mereka juga dapat berupaya untuk memastikan bahwa langkah-langkah diambil untuk memastikan bahwa masyarakat yang kurang terlayani mempunyai peluang untuk berpartisipasi secara berarti dan terlindungi dalam pengambilan keputusan yang berdampak pada mereka.

Industri ini mungkin berkepentingan secara khusus terkait biaya dan peluang inovasi seiring berkembangnya teknologi. Dalam banyak kasus, sektor ini mempunyai informasi penting yang dibutuhkan oleh pihak regulator untuk memastikan bahwa regulasi tersebut dapat diterapkan dan praktis. Jika operator menunjuk narahubung, orang-orang ini dapat membantu mengatasi peristiwa emisi di kemudian hari. Instansi dan operator harus senantiasa memperbarui daftar kontak perwakilan untuk memastikan komunikasi yang tepat waktu dan responsif.

Instansi pemerintah yang mengelola sumber daya alam atau keuangan atau mengawasi operator minyak dan gas mungkin berkepentingan terhadap gas alam yang terbuang akibat berbagai praktik kegiatan seperti *flaring* dan *venting*. Badan-

badan energi mungkin berkepentingan untuk memastikan dan memperluas akses energi.

## **Memanfaatkan Tindakan Sukarela oleh Industri**

Dalam beberapa kasus, pembuat kebijakan dan regulator dapat memanfaatkan inisiatif industri terkait pengurangan metana. Beberapa negara yang memiliki sumber daya yang lebih sedikit dan kapasitas awal yang lebih rendah dapat memulai perjalanan pengembangan kebijakan metana mereka dengan bekerja sama dengan industri untuk mendorong tindakan sukarela dan belajar tentang sejumlah opsi kebijakan dan beberapa praktik terbaik dalam pengurangan metana.

Upaya bersama industri seperti Inisiatif Iklim Minyak dan Gas yang Bertujuan untuk Inisiatif Nol Emisi Metana (Oil and Gas Climate Initiative Aiming for Zero Methane Emissions Initiative) memberlakukan pedoman standar, standar, dan aturan untuk berbagi praktik terbaik dan meningkatkan kinerja industri. Beberapa contoh lainnya termasuk:

- Kemitraan Lingkungan (Environmental Partnership).
- Berbagai prinsip Panduan Metana (Methane Guiding Principles).
- Inisiatif Iklim Minyak dan Gas (Oil and Gas Climate Initiative).
- Kemitraan Minyak dan Gas Metana 2.0 (Oil and Gas Methane Partnership 2.0).

Memperhatikan tujuan bersama pengurangan emisi metana global dalam jangka pendek, banyak negara yang secara aktif mempertimbangkan semua alat yang tersedia untuk pengurangan metana, baik secara sukarela maupun cara lainnya, dengan memasukkannya ke dalam program regulasi negara. Pemerintah harus mempertimbangkan kemungkinan

bahwa pilihan kebijakan mempunyai konsekuensi yang tidak diinginkan terhadap aktivitas emisi metana secara sukarela.

## Pendekatan Umum dalam Regulasi yang Ada

Selama beberapa tahun terakhir, banyak negara telah menerapkan regulasi pengurangan metana yang dapat dijadikan contoh praktis untuk yurisdiksi lain. Berbagai negara tersebut meliputi Kanada, Kolombia, Meksiko, Nigeria, Norwegia, Amerika Serikat, dan Uni Eropa. Seperti yang telah dibahas di atas, yurisdiksi subnasional juga telah mengembangkan regulasi metana di beberapa negara, antara lain Alberta (Kanada) dan California, Colorado, dan New Mexico (AS). Contoh-contoh ini juga dapat menjadi titik awal yang baik untuk memahami pilihan-pilihan apa yang mungkin sesuai.

Sebagian besar regulasi metana saat ini berfokus pada pendekatan preskriptif atau informasi. Skema regulasi yang ada pada umumnya meliputi (1) persyaratan LDAR; (2) pembatasan *flaring* dan *venting*; dan (3) standar untuk peralatan dan proses tertentu. Sejumlah hal ini dibahas secara rinci dalam bab selanjutnya. Efektivitas skema-skema ini dan skema-skema regulasi lainnya, pada gilirannya, didukung oleh inventarisasi emisi metana (dan GRK) yang terus berkembang yang dibangun berdasarkan program pemantauan (monitoring), pelaporan (reporting), dan verifikasi (verification) (MRV). Sejumlah bab yang membahas inventarisasi dan MRV mengikuti pembahasan ketiga skema regulasi.

# **4. Sumber Metana Berdasarkan Segmen Pasar Minyak dan Gas**

---

Ketiga segmen rantai nilai metana memiliki peralatan, komponen, dan proses yang unik. Tindakan pengurangan yang spesifik dan biayanya sangat bervariasi. Misalnya, *flaring* umumnya dikaitkan dengan kegiatan produksi hulu dan lebih jarang terjadi di segmen tengah dan hilir. Oleh karena itu, komposisi spesifik industri di suatu negara dapat menentukan penentuan prioritas di antara berbagai opsi mitigasi.



### **Studi Kasus: Retrofitting Sistem Distribusi Gas (Bangladesh)**

Bagi Bangladesh, segmen gas tengah dan hilir merupakan prioritas. Saat ini Bangladesh sedang memodernisasi sistem distribusi gasnya. Bangladesh telah mendeteksi banyak kebocoran metana di jaringan pipa distribusi gasnya yang tua. Jaringan pipa ini pertama kali dibangun beberapa dekade lalu.

Gas alam ditemukan pada tahun 1962, dan dua tahun kemudian, Perusahaan Transmisi dan Distribusi Gas Titas (Titas Gas Transmission and Distribution Company [TGTDC]) didirikan. TGTDC memulai pembangunan jaringan distribusi gas pada tahun itu. Saat ini TGTDC masih menjadi perusahaan distribusi gas terbesar, menyediakan lebih dari 50 persen total pasokan gas alam kepada konsumen.

Kebocoran gas alam dari jaringan distribusi menjadi perhatian utama ketika Bangladesh mulai mengimpor LNG pada akhir tahun 2018 untuk memenuhi permintaan energi yang meningkat. LNG mahal, begitu pula hilangnya LNG dalam sistem pipa gas. Terutama karena alasan efisiensi energi dan penghematan biaya, TGTDC memutuskan untuk memodernisasi sistemnya.



Sejak itu, TGTDCCL telah menyiapkan proyek untuk mengganti atau meremajakan jaringan gas lamanya di wilayah korporasi kota Dhaka dan Narayanganj. Layanan jaringan TGTDCCL memiliki sekitar 2,8 juta konsumen perumahan.

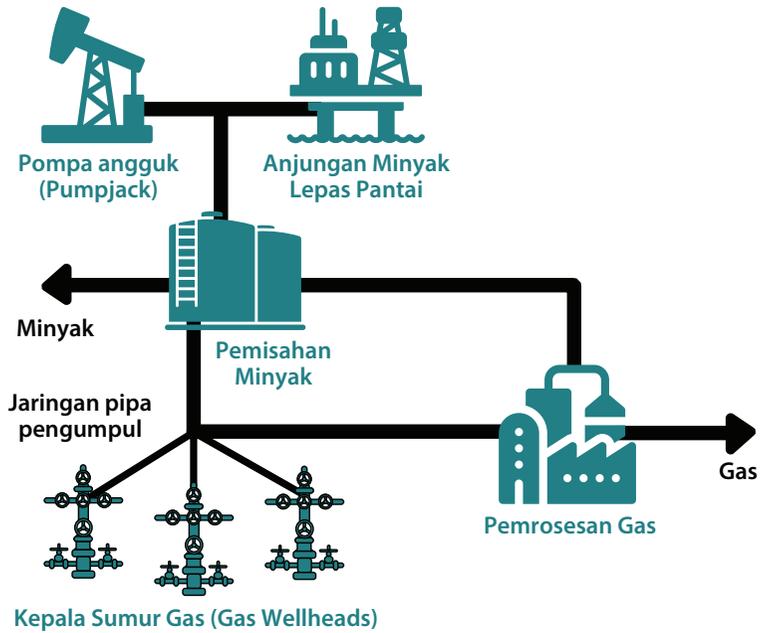
TGTDCCL melakukan studi kelayakan untuk membangun atau mengganti jaringan pipa sepanjang 2.750 kilometer dan merehabilitasi 18 stasiun gas alam. Yang mencolok, proyek ini akan mencakup pemetaan sistem informasi geografis (geographic information system [GIS]), pengendalian pengawasan dan akuisisi data (Supervisory Control and Data Acquisition [SCADA]), dan sistem identifikasi cacat pada jaringan yang ditingkatkan. Pada akhirnya TGTDCCL akan membawa jaringan modern ini ke dalam sistem otomasi sektor energi.

Bagi Bangladesh, sektor hilir merupakan prioritas. Meskipun TGTDCCL melakukan modernisasi pipa gas untuk alasan efisiensi operasional dan meningkatkan perlindungan keuangan, pengurangan kebocoran akan membantu mencapai tujuan iklim, melestarikan sumber daya, dan memperbaiki lingkungan setempat dan keselamatan publik.

Tabel-tabel di bawah ini menguraikan berbagai sumber utama emisi metana di segmen hulu, tengah, dan hilir. Tabel-tabel tersebut menjelaskan sumber emisi yang sudah diketahui, pilihan utama pengurangan emisi untuk mengatasinya, dan potensi kekurangannya.<sup>33</sup>

## Segmen Hulu

Segmen hulu terdiri atas sumur minyak dan gas (baik di darat maupun di lepas pantai), fasilitas pemisahan minyak, fasilitas pengolahan gas, serta jaringan pipa pengumpulan dan jaringan pipa jarak pendek antarfasilitas tersebut.



Gambar 4.1: Ilustrasi infrastruktur hulu minyak dan gas.

Tabel 4.1: Sumber/peleuang pengurangan metana terpilih di segmen hulu minyak dan gas.

**Pengendali dan pompa pneumatik.** Perangkat yang menggunakan gas alam bertekanan untuk tindakan pengendalian proses atau memompa cairan ketika listrik tidak tersedia.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|--|--|---|
| Retrofit atau Penggantian High Bleed. <sup>34</sup>  | Mengganti jenis pengendali emisi tinggi tertentu dengan opsi yang melepaskan lebih sedikit gas alam. | Tidak ada.  |
| Inspeksi Intermittent Vent Controller. <sup>35</sup>   | Pastikan Intermittent Vent Controller tidak melepaskan gas di luar periode aktuasi aktif.            | Membutuhkan adanya program LDAR untuk emisi fugitive.   |
| Mengganti dengan udara terkompresi (dapat menggantikan sebagian/semua high bleed, intermittent bleed, low bleed, dan pompa). <sup>36</sup> | Mengganti gas alam bertekanan dengan udara terkompresi.  | Memerlukan akses listrik atau pembangkitan listrik di lokasi, yang dapat dicapai dengan tenaga surya di lokasi. |

**Pembongkaran cairan secara manual.** Pengalihan sementara sumur ke lokasi bertekanan lebih rendah untuk menghilangkan air yang menumpuk.

| Opsi Pengurangan  | Deskripsi  | Pertimbangan |
|---|--|--------------|
| Personel di lokasi selama operasi pembongkaran. <sup>37</sup> | Operator tetap berada di lokasi sampai pembongkaran selesai dan sumur kembali berproduksi. | Tidak ada    |

**Tangki penyimpanan hidrokarbon.** Emisi gas yang berkaitan dengan aktivitas penurunan tekanan dan aktivitas pergerakan cairan di tangki penyimpanan.<sup>38</sup>

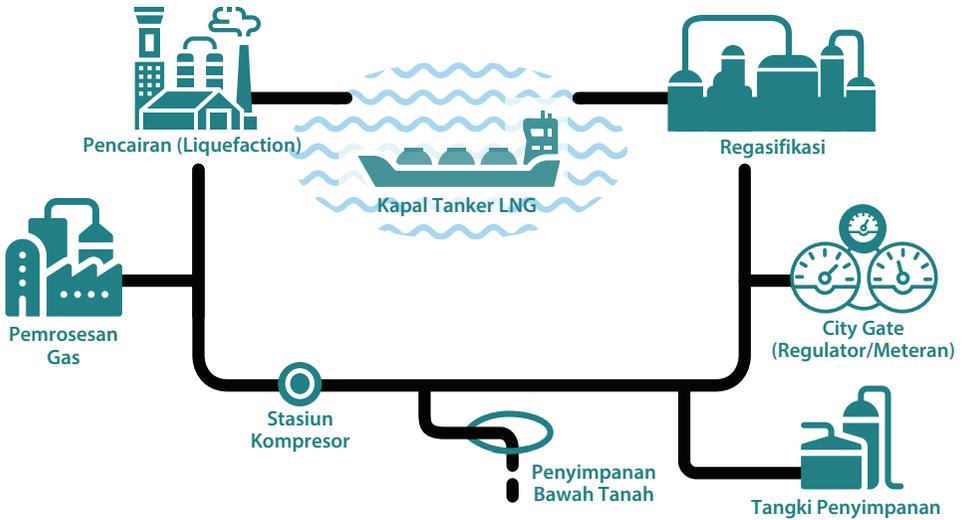
| Opsi Pengurangan                                     | Deskripsi   | Pertimbangan  |
|--|---|---|
| Mengalirkan ke perangkat kendali seperti suar bakar. | Bakar gasnya daripada melepaskannya.                  | Pilih situasi di mana gas tambahan diperlukan untuk membakar uap (vapour).                                      |
| Alirkan ke sistem recovery uap.                      | Tangkap gas untuk dijual atau dimanfaatkan di lokasi. | Sebagian desain tangki tidak kompatibel dengan sistem recovery uap; desain tidak memadai untuk menangani emisi. |

**Segel basah kompresor sentrifugal (centrifugal compressor wet seals).** Metana terperangkap dalam sistem segel berbahan dasar minyak (basah) yang harus dibersihkan untuk menjaga fungsi kompresor.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|--|--|---|
| Mengalihkan rute gas.  | Menangkap gas melalui recovery uap atau pengaliran ke isapan kompresor.            | Mengonversi ke teknologi segel kering dengan emisi yang lebih rendah. |
| Konversi ke teknologi segel kering dengan emisi yang lebih rendah. | Mengganti atau merancang sistem segel dengan teknologi yang emisinya lebih rendah. | Mengonversi beberapa desain kompresor lama tidak dapat dilakukan.     |

# Segmen Tengah

Segmen tengah menengah mencakup infrastruktur transportasi, seperti jaringan pipa jarak jauh dan stasiun kompresor terkait, fasilitas dan kapal tanker gas alam cair, dan fasilitas penyimpanan.



Gambar 4.2: Ilustrasi infrastruktur minyak dan gas segmen tengah.

Tabel 4.2: Sumber/peleuang pengurangan metana terpilih di segmen tengah minyak dan gas.

**Perangkat pneumatik.** Perangkat yang menggunakan gas bertekanan untuk tindakan pengendalian proses atau memompa cairan ketika listrik tidak tersedia.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|--|--|---|
| Retrofit atau mengganti High Bleed. <sup>39</sup>  | Mengganti pengendali yang beremisi tinggi dengan pengendali yang melepaskan lebih sedikit gas. | Tidak ada.  |
| Inspeksi Intermittent Vent Controllers. <sup>40</sup>  | Memastikan Intermittent Vent Controllers tidak melepaskan gas di luar periode aktuasi aktif.   | Membutuhkan adanya program LDAR untuk emisi fugitive.   |
| Penggantian dengan udara terkompresi (dapat menggantikan sebagian/semua high bleed, intermittent bleed, low bleed, dan pompa). <sup>41</sup> | Mengganti gas alam bertekanan dengan udara terkompresi.  | Memerlukan akses listrik atau pembangkitan listrik di lokasi, yang dapat dicapai dengan tenaga surya di lokasi. |

**Tangki penyimpanan hidrokarbon.** Emisi gas yang terkait dengan penurunan tekanan dan aktivitas pergerakan cairan di tangki penyimpanan.<sup>42</sup>

| Opsi Pengurangan                                     | Deskripsi  | Pertimbangan   |
|--|--|--|
| Mengalirkan ke perangkat kontrol seperti suar bakar. | Membakar gas daripada melepaskannya.                 | Memilih situasi di mana gas tambahan diperlukan untuk membakar uap.  |
| Mengalirkan ke sistem recovery uap.                  | Menangkap gas untuk dijual atau digunakan di lokasi. | Sebagian desain tangki tidak kompatibel dengan sistem recovery uap;. |

**Segel basah kompresor sentrifugal (centrifugal compressor wet seals).** Metana terperangkap dalam sistem segel berbahan dasar minyak (basah) yang harus dibersihkan untuk menjaga fungsi kompresor.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|--|--|---|
| Mengalihkan rute gas.  | Menangkap gas melalui recovery uap atau pengaliran ke isapan kompresor.            | Diperlukan studi desain teknik untuk memastikan pengoperasian yang aman.        |
| Konversi ke teknologi segel kering dengan emisi yang lebih rendah. | Mengganti atau merancang sistem segel dengan teknologi yang emisinya lebih rendah. | Mengonversi beberapa desain kompresor lama tidak dapat dilakukan. <sup>43</sup> |

**Reciprocating compressors—rod packing vent.** Emisi rod packing biasanya tidak terjadi di sekitar ring tetapi melalui nose gasket di sekitar packing case, di antara packing cups, dan di antara ring dan shaft. Jika ring sudah aus, atau jika kecocokan antara rod packing ring dan rod-nya terlalu longgar, maka lebih banyak gas akan lepas.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|--|--|---|
| Penggantian rod packing berdasarkan jangka waktu atau jam operasional tetap yang telah ditentukan. | Ganti reciprocating compressor rod packing setiap 26.000 jam atau setiap 36 bulan.   | Menjadwalkan downtime akan memastikan bahwa stasiun memenuhi persyaratan keandalan dan permintaan, terutama jika terhubung ke utilitas publik atau infrastruktur penting. |
| Menangkap, membakar, atau mengendalikan gas yang lepas.  | Mengalirkan packing vent ke sistem penangkapan untuk penggunaan yang bermanfaat atau mengalirkan ke suar bakar untuk mencapai setidaknya 95 persen pengurangan emisi metana. | Menjadwalkan downtime seperti dijelaskan di atas, potensi kendala ruang, dan kemungkinan gangguan pada sistem terkait.  |
| Pemantauan berbasis kondisi.   | Menggunakan data pemantauan atau pengujian terus-menerus untuk melacak emisi dan mengembangkan program pemeliharaan prediktif.   | Biaya awal; konfigurasi awal sensor dan perangkat lunak terkait; dan kurva pembelajaran untuk sistem baru.  |

**Blowdown pipa transmisi antar stasiun kompresor.** Blowdown adalah pelepasan gas dari pipa yang menyebabkan penurunan tekanan sistem atau depresurisasi total. Blowdown biasanya diperlukan untuk pemeliharaan.

| Opsi Pengurangan                           | Deskripsi  | Pertimbangan   |
|--|--|--|
| Tangkap gas yang dilepaskan. <sup>44</sup> | Mengalirkan gas ke kompresor atau sistem penangkap untuk penggunaan yang bermanfaat, atau mengalirkan gas ke suar bakar, atau memanfaatkan sambungan pipa yang ada di antara sistem tekanan tinggi dan rendah. <sup>45</sup> | Perencanaan dan koordinasi yang ekstensif dengan pihak Gas Control untuk meminimalkan downtime; beberapa rute mungkin tidak tersedia karena alasan keselamatan; hot tapping menambah infrastruktur baru, sehingga memperbanyak titik pemeliharaan dan titik kebocoran. |

**Stasiun kompresor, meteran transmisi, dan stasiun pengatur atau fasilitas di atas tanah.** Gas fugitive dan gas yang dilepaskan yang terkait dengan fasilitas di atas tanah.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|--|--|---|
| LDAR berkala; desain ulang sistem <i>venting</i> atau emergency blowdown untuk mensimulasikan atau memasukkan kembali gas ke dalam sistem selama pengujian; pasang pemantauan terus-menerus. | Melakukan program pemeriksaan dan pemeliharaan rutin atau program LDAR pada interval tertentu; memasang alat pemantauan terus-menerus di stasiun kompresor; dan menggabungkan kemampuan untuk tidak mengeluarkan gas selama pengujian keselamatan sistem emergency blowdown. | Perancangan ulang sistem emergency blowdown dapat memerlukan banyak modal dan mengganggu operasi lainnya; efektivitas biaya sistem pemantauan terus-menerus jika risiko kejadian emisi besar adalah rendah; mengintegrasikan infrastruktur baru memerlukan biaya awal dan pemeliharaan berkelanjutan. |

**Mesin atau perangkat pembakaran lain di lokasi (misalnya suar bakar).** Pembakaran yang tidak sempurna memungkinkan metana masuk ke flue gas di atmosfer.

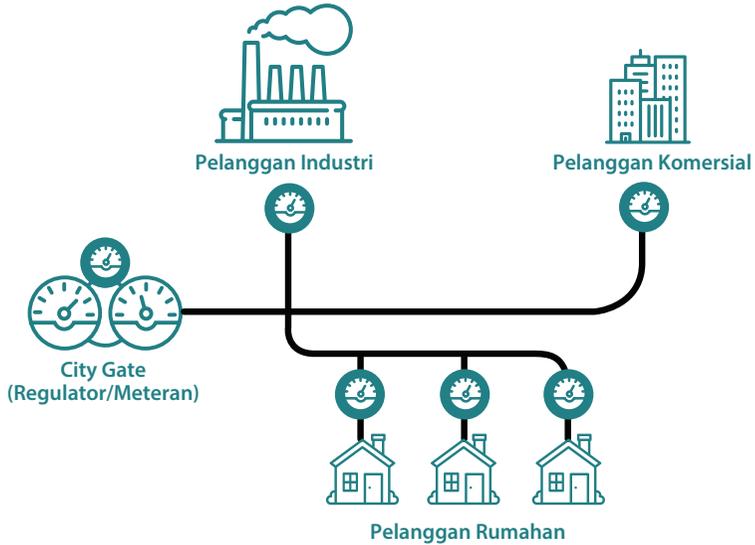
| Opsi Pengurangan   | Deskripsi   | Pertimbangan  |
|--|---|---|
| Program Tune-up dan Pemeliharaan Berkala; Sistem Pemantauan Proses dan Optimalisasi Kontrol. | Program pemeliharaan berkala untuk memastikan mesin atau perangkat pembakaran beroperasi sesuai desain dan spesifikasi; memasang sistem pemantauan dan kontrol untuk efisiensi pembakaran yang optimal. | Keterampilan baru untuk mempelajari cara menyetel dan memelihara peralatan dengan benar untuk efisiensi pembakaran yang optimal atau mempelajari sistem pemantauan dan kontrol proses baru. |

**Jaringan pipa.** Pipa transmisi dapat bocor karena kegagalan integritas akibat korosi dan kerusakan yang tidak disengaja akibat peristiwa alam (misalnya tanah longsor) atau pihak ketiga (penggalian).

| Opsi Pengurangan  | Deskripsi  | Pertimbangan   |
|---|--|--|
| Program Integritas Saluran Pipa; program LDAR; Sistem Pemantauan Terus-menerus. | Program integritas saluran pipa dengan inspeksi internal dan eksternal; survei LDAR berkala (udara dan berjalan kaki); memasang Pemantauan Terus-menerus di sepanjang rute pipa. | Program integritas memerlukan ketekunan dan keahlian untuk mengevaluasi dan mengatasi ancaman yang teridentifikasi dengan alat manajemen data yang baik; mungkin diperlukan pelatihan dan keterampilan baru. |

# Segmen Hilir

Segmen gas hilir terutama terdiri atas jaringan distribusi yang dirancang untuk menjangkau konsumen akhir, baik konsumen rumahan, komersial, maupun industri.



Gambar 4.3: Ilustrasi infrastruktur gas segmen hilir.

**Jaringan pipa (saluran utama dan saluran cabang).** Pipa distribusi dapat bocor karena kegagalan integritas (biasanya akibat korosi baja pada sambungan besi tuang dan retak akibat bahan plastik yang tidak bagus) atau kerusakan yang tidak disengaja akibat penggalian pihak ketiga.

Tabel 4.3: Sumber/peleuang pengurangan metana terpilih pada gas segmen hilir.

| Opsi Pengurangan                 | Deskripsi  | Pertimbangan  |
|----------------------------------|--|---|
| Program Integritas Jaringan Pipa | <p>Program Manajemen Integritas Distribusi untuk mengidentifikasi ancaman dan memantau kinerja yang berkelanjutan.</p> <p>Menggunakan survei udara dan seluler serta teknologi pemantauan point sensor yang terus-menerus.</p> <p>Mengutamakan perbaikan pada kebocoran yang lebih besar.</p> <p>Mempercepat penggantian sistem pipa yang rawan bocor.</p> | <p>Merehabilitasi dan mengganti saluran pipa dapat memakan waktu bertahun-tahun dan memerlukan modal awal yang besar.</p> <p>Untuk mendemonstrasikan pengurangan emisi, diperlukan alternatif terhadap metode faktor emisi tradisional – metode baru untuk menghubungkan emisi dengan kebocoran aktual dan durasinya sebelum perbaikan.</p> <p>Mengembangkan efektivitas biaya atau kurva biaya pengurangan marjinal sangat penting untuk memastikan peningkatan LDAR dapat diprioritaskan untuk mendapatkan dampak maksimal.</p> |

| Opsi Pengurangan  | Deskripsi   | Pertimbangan  |
|---|---|---|
| Program LDAR yang Diperkuat.  | <p>Program LDAR yang diperkuat meningkatkan survei di wilayah yang kinerjanya buruk.</p> <p>Menggunakan analisis pohon keputusan untuk menemukan kebocoran yang lebih besar.</p>  | <p>Biaya modal dan operasional.</p> <p>Mengembangkan efektivitas biaya atau kurva biaya pengurangan marjinal sangat penting untuk memastikan penguatan LDAR dapat diprioritaskan untuk mendapatkan dampak maksimal.</p> |
| Program Pencegahan Kerusakan (misalnya, Hubungi 811 Sebelum Anda Menggali). | <p>Program ini mengurangi risiko pecahnya jaringan pipa akibat kegiatan penggalian dengan memelihara sistem yang mudah diakses oleh pengembang untuk mendapatkan informasi tentang lokasi jaringan pipa sebelum melakukan penggalian.</p> | <p>Mungkin sulit mendapatkan data GIS lokasi jalur pipa.</p> <p>Harus membangun database informasi.</p> <p>Waktu dan biaya untuk membangun kesadaran masyarakat terhadap program.</p>                                   |

**Meteran pelanggan** Emisi fugitive dari komponen yang bocor (misalnya komponen yang longgar) atau *venting* dari regulator tekanan. Meteran komersial/industri bisa memiliki perangkat pneumatik dan berpotensi emisi yang lebih tinggi karena meteran tersebut beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi dibandingkan meteran rumahan.

| Opsi Pengurangan   | Deskripsi   | Pertimbangan   |
|--|---|--|
| <p>Deteksi kebocoran yang diperkuat dan perbaikan yang dipercepat.</p> | <p>Memperkuat deteksi kebocoran melalui survei udara dan seluler serta pemasangan point sensor di mana analisis data dapat digunakan untuk menemukan kebocoran.</p> <p>Mempercepat atau memprioritaskan perbaikan berdasarkan kebocoran dari sistem bertekanan tinggi (jika tidak mengancam keselamatan).</p> | <p>Kendala pendanaan dan kapasitas manusia.</p> <p>Mirip dengan jaringan pipa, ada kebutuhan untuk beralih dari metode faktor emisi tradisional ke metode faktor berbasis leaker untuk menunjukkan pengurangan emisi dan mengembangkan profil emisi yang lebih akurat.</p> |

| Opsi Pengurangan  | Deskripsi   | Tantangan Implementasi yang Diketahui   |
|---|---|---|
| <p>Pemasangan jaringan meteran canggih.</p>                   | <p>Jaringan meteran canggih dapat menggunakan analisis data di sisi pelanggan meteran untuk menemukan kebocoran melalui anomali dalam tingkat konsumsi per jam.</p>         | <p>Biaya modal dan operasional.</p> <p>Biaya pelatihan dan integrasi ke dalam infrastruktur TI.</p> |
| <p>Desain ulang meteran untuk mengurangi titik kebocoran.</p> | <p>Desain ulang meteran bisa membutuhkan perubahan dari meteran displacement ke meteran sonic untuk pelanggan rumahan atau menghilangkan titik bocor jika memungkinkan.</p> | <p>Biaya modal dan operasional.</p>   |

# **5. Deteksi dan Perbaikan Kebocoran (LDAR)**

---

## Sejumlah Poin Penting

- Program Deteksi dan Perbaikan Kebocoran (LDAR) dirancang untuk mengidentifikasi dan mengatasi emisi yang tidak disengaja atau emisi fugitive dari peralatan.
- Persyaratan LDAR dapat diterapkan tanpa data ekstensif tentang atau pengukuran spesifik terhadap tingkat emisi fugitive.
- Beberapa fitur desain penting dari regulasi LDAR meliputi:
  - Cakupan fasilitas yang akan diinspeksi.
  - Teknologi deteksi yang akan digunakan dan ambang batas deteksi yang akan ditetapkan.
  - Frekuensi inspeksi.
  - Persyaratan perbaikan, termasuk tenggat waktu.
  - Pelaporan, pencatatan, dan sertifikasi.
- Regulasi LDAR federal Kanada akan dibahas sebagai ilustrasi dari beberapa fitur desain ini.

Emisi fugitive, atau kebocoran, adalah hilangnya metana secara tidak disengaja. Kebocoran biasanya terjadi di beberapa titik koneksi, seperti halnya nilai, di sepanjang rantai nilai. Meskipun emisi dari satu kebocoran mungkin tidak signifikan, tingkat emisi kolektif metana dari emisi fugitive merupakan salah satu sumber emisi terbesar dari sektor minyak dan gas.

Program LDAR menggunakan survei lapangan secara berkala oleh personel yang berkualifikasi. Saat kebocoran terdeteksi, operator wajib memperbaiki kebocoran tersebut dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, operator pada umumnya diwajibkan untuk mendokumentasikan proses LDAR dan melaporkannya secara berkala kepada pemerintah.

Untuk bisa berfungsi, program LDAR tidak memerlukan data awal yang kuat mengenai emisi metana. Operator dapat mulai melakukan survei deteksi kebocoran dan memperbaikinya, sehingga dapat mengurangi emisi metana, bahkan sebelum

data ekstensif dikumpulkan. Namun, data yang dikumpulkan oleh operator selama program LDAR, seperti jenis dan frekuensi kebocoran tertentu, dapat menjadi informasi berharga untuk membantu menginformasikan tindakan di masa depan.

## Beberapa Fitur Regulasi LDAR



Gambar 5.1: Beberapa fitur regulasi LDAR.

Beberapa pertimbangan desain akan menentukan efektivitas program LDAR:

**Lingkup fasilitas yang diperiksa.** Persyaratan LDAR dapat menentukan fasilitas mana yang harus diperiksa. Pengecualian dapat didasarkan pada ukuran, throughput, atau karakteristik lainnya. Misalnya, fasilitas yang lebih kecil dapat dikecualikan atau memiliki persyaratan yang berbeda. Frekuensi survei mungkin lebih rendah untuk fasilitas yang berada di lokasi yang sangat terpencil. Program LDAR dapat mengecualikan komponen yang dianggap tidak aman untuk dipantau.

Kebocoran dapat terjadi di semua jenis fasilitas, baik yang berukuran besar maupun kecil. Sebuah program yang berfokus pada sebagian kecil sumber emisi dapat menangani lebih sedikit kebocoran tapi lebih hemat biaya. Jika suatu regulasi hanya mengatur sebagian sumber emisi, maka mengatur berbagai sumber yang paling berpotensi bocor adalah sangat penting.

**Teknologi deteksi dan ambang batas deteksi.** Regulasi LDAR dapat mewajibkan metode atau teknologi khusus untuk melakukan survei sumber. Ini termasuk, namun tidak terbatas pada, inspeksi audio, visual, dan penciuman (audio, visual, and olfactory [AVO]), berbagai instrumen pemantauan portabel seperti sniffer untuk Metode 21 EPA, dan kamera pencitraan gas optik (optical gas imaging [OGI]). Untuk instrumen dan kamera OGI, regulasi dapat menentukan persyaratan kalibrasi dan operasional untuk perangkat tersebut. Hal ini dapat meliputi ambang deteksi spesifik untuk ukuran suatu kebocoran yang dapat dideteksi oleh instrumen tersebut. Namun, regulasi LDAR tidak selalu mengharuskan merinci angka masing-masing kebocoran, yang penting tahu apakah kebocorannya di atas ambang batas deteksi.

Inspeksi AVO tidaklah mahal karena inspeksi ini disatukan dengan tugas rutin lainnya di suatu fasilitas dan tidak memerlukan peralatan khusus. Namun efektivitas terbaiknya dalam mendeteksi kebocoran adalah di lokasi dengan peralatan sederhana (seperti wellhead) dan tingkat kebisingan rendah. Kamera OGI, yang memerlukan pelatihan khusus untuk mengoperasikan dan menggunakannya, adalah lebih efektif dalam mendeteksi kebocoran.

Ada diskusi yang sedang berlangsung mengenai bagaimana memastikan bahwa regulasi LDAR mendorong inovasi dan pengembangan teknologi canggih, seperti survei udara dari pesawat atau drone, satelit, dan pemantauan terus-menerus. Beberapa yurisdiksi telah menciptakan prosedur bagi operator untuk meminta izin menggunakan metode lain dengan menunjukkan bahwa metode lain tersebut dapat mengurangi emisi ke tingkat yang sama atau lebih baik daripada teknologi

yang disebutkan dalam regulasi. Opsi potensial lainnya adalah mengembangkan kerangka umum untuk membandingkan teknologi-teknologi pemantauan yang baru yang membantu mengidentifikasi pengurangan emisi.

Mengingat banyaknya pilihan deteksi yang berbeda dan fakta bahwa teknologi berkembang pesat, beberapa regulator telah memilih untuk memasukkan metode dari yurisdiksi lain ke dalam regulasi mereka. Misalnya, banyak yurisdiksi sudah merujuk standar deteksi instrumen Badan Perlindungan Lingkungan (Environmental Protection Agency [EPA]) AS—Metode 21 EPA. Rincian lebih lanjut mengenai teknologi ini dapat ditemukan di *Bab 8: Persediaan* dan *Bab 9: Pemantauan*.

**Frekuensi inspeksi.** Frekuensi inspeksi (tahunan, triwulanan, dll.) memengaruhi potensi penurunan emisi program LDAR. Survei yang lebih sering akan mempercepat deteksi dan perbaikan kebocoran, tapi biayanya akan lebih tinggi. Pada titik tertentu, menambah jumlah survei akan mencapai titik penurunan hasil (point of diminishing return). Salah satu sumber panduan mengenai frekuensi dan pengukuran survei adalah MiQ, yang memberikan standar sertifikasi emisi metana.<sup>46</sup>

**Persyaratan perbaikan.** Regulasi LDAR dapat mewajibkan perusahaan untuk memperbaiki kebocoran yang terdeteksi selama survei berkala. Regulasi tersebut dapat mewajibkan jangka waktu tertentu untuk perbaikan ini, misalnya 30 hari. Waktu yang lebih lama mungkin diperlukan untuk perbaikan yang rumit. Batas waktu perbaikan yang lebih singkat akan memastikan kebocoran dapat diperbaiki lebih cepat namun hal itu akan berdampak pada operasional sebuah fasilitas. Beberapa regulasi menyatakan bahwa jika perbaikan dapat dilakukan tanpa menghentikan operasi dari fasilitas, maka perbaikan harus cepat, seperti 30 hari, namun akan butuh waktu yang lebih lama untuk perbaikan yang memerlukan penghentian operasi secara penuh.

**Pelaporan, sertifikasi, dan audit.** Regulasi LDAR dapat mewajibkan perusahaan untuk menyimpan catatan survei deteksi kebocoran, kebocoran yang terdeteksi, dan tindakan

perbaikan mereka. Penyimpanan ini dapat dilakukan melalui templat tertentu atau alat pelaporan online. Laporan-laporan ini bisa berisi:

- Tanggal survei.
- Jenis instrumen pendeteksi.
- Rincian sumber yang disurvei (lokasi dan jenis fasilitas).
- Informasi tentang kebocoran apa pun yang terdeteksi (jenis komponen, jenis layanan, dll.).
- Tindakan yang diambil terkait perbaikan, termasuk tanggalnya.
- Hasil perbaikan, termasuk survei lanjutan.

Beberapa regulasi mengharuskan laporan LDAR disahkan atau diaudit oleh pihak ketiga. Praktik ini dapat membantu regulator dalam memastikan bahwa laporan tersebut lengkap dan akurat, sehingga beban administratif tambahan dapat dialihkan ke operator.

## Contoh: Persyaratan LDAR Federal Kanada

Pada tahun 2018, pemerintah federal Kanada menetapkan persyaratan LDAR nasional yang memiliki banyak fitur sebagaimana disebutkan di atas.<sup>47</sup>

**Lingkup fasilitas yang diperiksa.** Regulasi Kanada hanya berlaku untuk fasilitas besar, yang umumnya mencakup semua fasilitas hulu minyak dan gas, termasuk well pad dan stasiun kompresor, yang memproduksi atau menangani lebih dari 60.000 m<sup>3</sup> gas alam setiap tahunnya.<sup>48</sup> Pasal 28(1) regulasi ini juga secara eksplisit mengecualikan peralatan tertentu dari persyaratan LDAR:

*Pasal 28 (1) dan Pasal 29 sampai 36 tidak berlaku sehubungan dengan:*

- (a) komponen perlengkapan yang digunakan pada wellhead di lokasi yang tidak memiliki wellhead atau peralatan lain kecuali pipa pengumpul atau meter yang dihubungkan ke wellhead;
- (b) sepasang katup isolasi pada jalur pipa transmisi jika tidak ada peralatan lain yang terletak pada bagian pipa yang dapat diisolasi dengan menutup katup; dan
- (c) komponen peralatan yang digunakan pada fasilitas hulu minyak dan gas yang pemeriksaannya dapat menimbulkan risiko serius terhadap kesehatan atau keselamatan manusia.

Dengan menetapkan fasilitas, peralatan, atau keadaan yang dikecualikan, regulasi Kanada memfokuskan inspeksi pada sumber kebocoran yang paling penting untuk mencapai pengurangan besar. Misalnya, karena kebocoran sering terjadi dari komponen atau peralatan di suatu fasilitas, maka lokasi yang hanya memiliki wellhead dengan sedikit komponen dan tidak ada peralatan lain (misalnya, tangki penyimpanan, kompresor, dll.) dikecualikan karena kemungkinan kebocorannya lebih rendah. Demikian pula, katup isolasi pada pipa transmisi dikecualikan di (b) karena potensi emisi dari komponen di fasilitas ini rendah. Pengecualian ketiga di (c) mencakup setiap kejadian di mana inspeksi dapat membahayakan kesehatan atau keselamatan manusia, sehingga bagian ini kurang jelas mengenai penerapannya. Pengecualian di atas memang dapat mengurangi beban operator, namun mungkin mengabaikan emisi dari penghasil gas metana yang besar dan menambah beban regulator untuk menangani permintaan pengecualian.

**Teknologi deteksi dan ambang batas deteksi.** Kanada mewajibkan inspeksi berbasis instrumen. Kanada menetapkan dua instrumen yang memenuhi syarat untuk digunakan: (1) instrumen pemantauan portabel yang memenuhi spesifikasi operasional dan kalibrasi tertentu dan (2) instrumen OGI yang mampu memenuhi persyaratan deteksi spesifik. Pasal 30 (2) mengatur bahwa instrumen pemantauan portabel harus mematuhi Metode 21 EPA dalam spesifikasinya, penerapannya, dan kalibrasinya. Untuk kamera OGI, regulasi tersebut

menetapkan ambang batas konsentrasi “paling banyak 500 ppm [berdasarkan volume] dan pada laju aliran minimal 60 [gram/jam] yang bocor dari lubang berdiameter 0,685 sentimeter.” Kanada juga memasukkan persyaratan mengenai jarak pandang.<sup>49</sup>

Mewajibkan penggunaan instrumen ini memang bisa memerlukan biaya pelatihan dan peralatan, tapi dapat mendeteksi kebocoran yang mungkin luput dari pantauan metode AVO. Dengan mengacu pada spesifikasi dari regulator lain, regulasi Kanada menghindari kebutuhan untuk mengembangkan standar teknis yang rinci sekaligus memastikan konsistensi bagi operator yang harus mematuhi spesifikasi yang sama di yurisdiksi mereka.

Regulasi di Kanada mengizinkan operator untuk membuat program LDAR yang berbeda, asalkan program tersebut tidak menghasilkan emisi yang lebih besar dibandingkan dengan program yang mematuhi regulasi tersebut.<sup>50</sup> Regulasi juga mengatur bahwa program alternatif tersebut harus mempunyai unsur-unsur sebagai berikut:

- (a) inspeksi kebocoran;
- (b) pengoperasian, pemeliharaan, dan kalibrasi instrumen pendeteksi kebocoran, jika ada; dan
- (c) perbaikan kebocoran yang terdeteksi.<sup>51</sup>

Fleksibilitas ini memungkinkan operator untuk menggunakan instrumen yang tidak langsung tercantum dalam regulasi atau untuk melakukan inspeksi dengan frekuensi berbeda. Penggunaan program alternatif memberi operator beban untuk menunjukkan efektivitas programnya dengan dokumen pendukung yang harus diserahkan kepada regulator.

**Frekuensi inspeksi.** Regulasi Kanada menetapkan jangka waktu untuk inspeksi awal dan setelahnya:

30(3) *Jangka waktu pemeriksaan adalah sebagai berikut:*

(a) *untuk inspeksi pertama, adalah paling lambat 1 Mei 2020, dan dalam waktu 60 hari setelah fasilitas mulai berproduksi; dan*

(b) *untuk inspeksi-inspeksi selanjutnya, sekurang-kurangnya tiga kali setahun dan sekurang-kurangnya 60 hari setelah pemeriksaan sebelumnya.*

Misalnya, suatu fasilitas baru diharuskan untuk melakukan inspeksi LDAR dalam waktu 60 hari setelah hari pertama berproduksi dan kemudian setidaknya tiga kali per tahun di setiap fasilitas dengan jarak setidaknya 60 hari antarinspeksi. Frekuensi ini memungkinkan operator untuk menentukan jadwal inspeksi terbaik di berbagai fasilitas dalam batasan regulasi.

**Persyaratan perbaikan.** Regulasi Kanada mewajibkan perbaikan kebocoran yang terdeteksi. Tenggat waktu perbaikan berbeda-beda, tergantung kemudahan dalam melakukan perbaikan. Jika perbaikan dapat dilakukan saat komponen sedang beroperasi, operator harus melakukan perbaikan dalam waktu 30 hari:

32 (1) *Kebocoran pada komponen peralatan yang terdeteksi, baik yang ditemukan melalui inspeksi maupun dengan cara lain, wajib diperbaiki.*

(a) *jika perbaikan dapat dilakukan dalam keadaan komponen peralatan sedang berjalan, maka perbaikan dilakukan dalam waktu 30 hari setelah kebocoran ditemukan*

Namun, jika perbaikan memerlukan penghentian operasi, maka perbaikan dapat dilakukan pada penghentian terencana berikutnya:

32(1) *(lanjutan)*

(b) *jika tidak, maka perbaikan harus dilakukan dalam jangka waktu sebelum jadwal penghentian operasi berikutnya, kecuali jangka waktu tersebut diperpanjang berdasarkan pasal 33.*

Regulasi tersebut lebih lanjut menetapkan bahwa tenggat waktu untuk melakukan penghentian operasi terjadwal berikutnya adalah tergantung pada seberapa besar kebocoran dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan selama proses perbaikan:

*(2) Penghentian operasi terencana berikutnya harus dijadwalkan paling lambat pada tanggal di mana total volume gas hidrokarbon yang dinyatakan dalam  $m_3$  standar, mulai dari hari terdeteksinya kebocoran, akan jika tidak ada perbaikan dikeluarkan dari komponen peralatan yang bocor tersebut dan dari semua komponen peralatan yang lain yang juga mengalami kebocoran sejak hari tersebut adalah sama dengan volume gas hidrokarbon, yang dinyatakan dalam  $m_3$  standar, yang akan dikeluarkan karena pelepasan gas hidrokarbon dari komponen-komponen peralatan yang akan diperbaiki.*

Dengan kata lain, karena menghentikan operasi dan memperbaiki komponen mungkin memerlukan pelepasan gas di dalam komponen, maka perbaikan harus dijadwalkan sebelum emisi kumulatif dari kebocoran adalah melebihi perkiraan emisi yang akan ditimbulkan oleh penutupan tersebut.<sup>52</sup> Pendekatan ini memberikan fleksibilitas bagi perusahaan untuk menjadwalkan perbaikan sekaligus memberikan batasan untuk memastikan kebocoran tidak berlanjut tanpa batas waktu.

**Pelaporan, sertifikasi, dan audit.** Regulasi Kanada mewajibkan operator untuk membuat dan menyimpan catatan dan dokumen pendukung, termasuk:

- Setiap kalibrasi atas instrumen inspeksi.
- Tanggal inspeksi.
- Jenis dan lokasi peralatan dengan koordinat GPS.
- Jenis instrumen yang digunakan.
- Dalam hal OGI, gambar direkam dengan indikasi data dan waktu yang disertakan.

→ Kebocoran yang terdeteksi dan dokumentasi mengenai langkah-langkah yang diambil untuk memperbaiki kebocoran.<sup>53</sup>

Kanada mewajibkan bahwa catatan-catatan ini harus dibuat dalam waktu 30 hari setelah informasi tersedia dan catatan-catatan tersebut disimpan selama lima tahun.<sup>54</sup> Regulasi tersebut mensyaratkan bahwa dokumen tersebut harus diserahkan dalam waktu 60 hari setelah diminta.<sup>55</sup> Pendekatan ini mengurangi beban administratif bagi regulator akibat menerima dan meninjau laporan dan pada saat yang sama menyediakan mekanisme bagi pejabat pemerintah untuk memperoleh informasi untuk ditinjau sebagaimana diperlukan. Kegagalan untuk mematuhi ketentuan pelaporan atau ketentuan lainnya dari regulasi ini dapat menyebabkan operator dikenakan denda.

Untuk informasi lebih lanjut mengenai mekanisme kepatuhan, lihat *Bab 10: Memastikan Kepatuhan*.

# **6. *Flaring dan Venting***

---

## Sejumlah Poin Penting

- Menangani *flaring* dan *venting* gas alam adalah salah satu cara utama pihak regulator untuk mengurangi emisi metana dari sektor minyak dan gas.
- Teknologi untuk mengurangi atau menghilangkan *flaring* dan *venting* rutin sudah banyak diketahui dan, dengan infrastruktur yang tepat, dapat digunakan.
- Sejumlah negara telah mengadopsi regulasi untuk mengurangi *flaring* dan *venting*. Regulasi *flaring* dan *venting* ini umumnya mencakup beberapa fitur penting, yang akan dibahas bab ini secara lebih rinci.
- Kolombia dan Kazakhstan baru-baru ini memberlakukan regulasi baru untuk mengurangi *flaring* dan *venting*. Bagian ini akan melihat redaksi regulasi mereka sebagai sumber wawasan tentang bagaimana regulator lain dapat membuat regulasi *flaring* dan *venting* mereka.

*Flaring* adalah pembakaran terkendali gas alam karena alasan operasional, keselamatan, atau ekonomi. *Venting* adalah pelepasan sengaja gas alam ke atmosfer. Dari perspektif emisi gas rumah kaca, *flaring* adalah lebih baik dari *venting* karena ia membakar metana menjadi karbon dioksida daripada secara langsung melepaskan gas metana—yang memiliki potensi pemanasan global yang lebih tinggi—ke atmosfer.

Bab ini berfokus pada contoh-contoh di mana gas alam dibakar atau sengaja dilepaskan karena alasan operasional, keselamatan, atau ekonomi. Perhatikan bahwa *venting* dari pengoperasian peralatan atau pemeliharaan secara rutin atau proses lain dibahas di bagian standar peralatan dari [Bab 7: Standar Peralatan dan Proses](#).

*Flaring* dan *venting* adalah pemborosan sumber daya energi dan merupakan sumber emisi gas rumah kaca di sektor minyak dan gas. Mereka berkontribusi pada tingkat polusi udara lokal juga. Gas yang dibakar melepaskan CO<sub>2</sub>, karbon hitam (jelaga), dan sejumlah metana yang tidak terbakar. Bahkan suar bakar

(flares) yang berkinerja terbaik pun tidak akan mencapai efisiensi penghancuran 100 persen (sebagian berasumsi, maksimalnya adalah 98 persen; IEA memperkirakan bahwa efisiensi penghancuran umumnya adalah 92 persen), dan banyak yang mencapai efisiensi yang jauh lebih rendah.

## Fitur Regulasi *Flaring* dan *Venting*

Pembatasan atas *flaring* dan *venting* adalah relatif lazim. Baru-baru ini, beberapa yurisdiksi telah mengambil langkah-langkah untuk memperluas atau memperkuat undang-undang yang bertujuan mengurangi *flaring* dan *venting*, termasuk Kolombia, Nigeria, dan Kazakhstan. Yang lain telah memberlakukan regulasi untuk melarang *flaring* rutin, termasuk Belanda, Norwegia, dan negara bagian New Mexico di AS.

Ada beberapa opsi regulasi yang andal bagi regulator untuk mengurangi atau mencegah *flaring* atau *venting* rutin, terutama untuk gas ikutan dari produksi minyak. Di antaranya:

**Kapan izin diperlukan.** Beberapa yurisdiksi mengharuskan operator mendapatkan izin atau otorisasi untuk melakukan *flaring*. Jika peristiwa yang tak terduga terjadi, regulasi dapat mewajibkan operator untuk menyerahkan laporan setelah kejadian. Persyaratan izin memberikan kesempatan bagi negara untuk mengumpulkan informasi tentang *flaring* dan *venting* yang sedang terjadi, dan ini dapat membantunya memahami tingkat emisi keseluruhan. Biaya untuk mematuhi batas *flaring* dapat dipertimbangkan dalam proses pemberian izin.

**Pengecualian terhadap larangan *flaring* dan *venting*.** *Flaring* sering diizinkan untuk keselamatan atau untuk melindungi kesehatan manusia. Beberapa negara mengizinkan pengecualian terhadap larangan *flaring* jika *flaring* tidak dapat dibenarkan secara ekonomi, mahal biayanya, atau jika biaya pemanfaatan gas lebih besar dari nilai yang diterima. Beberapa negara telah menetapkan bahwa kurangnya infrastruktur pipa yang tersedia tidak membenarkan *flaring*. Ketika memutuskan

pengecualian mana yang diperbolehkan, pemerintah dapat mempertimbangkan dampak yang harus ditanggung industri dalam mengurangi emisi dan menghindari pemborosan gas alam. Dampaknya terhadap pendapatan minyak juga dapat menjadi pertimbangan.

**Pengurangan *flaring* seiring berjalannya waktu.** Kemitraan Pengurangan *Flaring* Gas Global (Global Gas *Flaring* Reduction Partnership [GGFR]) dari Bank Dunia<sup>56</sup> mendapatkan komitmen global dari berbagai negara dan perusahaan untuk mengakhiri *flaring* gas rutin. Beberapa negara dan perusahaan telah menandatangani inisiatif *Flaring* Rutin Nol (Zero Routine *Flaring*) tahun 2030.<sup>57</sup> Beberapa negara telah memasukkan target 2030 ini dalam regulasi mereka atau bahkan lebih awal, seperti 2025.

**Efisiensi suar bakar (flare).** Tidak semua gas alam yang dibakar akan sepenuhnya terbakar. Beberapa suar bakar mungkin tidak berfungsi dengan baik dan beroperasi kurang efisien dibandingkan standar industri.<sup>58</sup> Sebagian api suar bakar (flare flame) (juga disebut api pilot atau lampu pilot) bisa padam, sehingga menyebabkan keluarnya metana. Meningkatkan efisiensi suar merupakan bidang pengembangan teknologi dan riset pengurangan emisi yang penting.<sup>59</sup>

Beberapa negara memiliki regulasi yang menetapkan standar desain atau batasan pengoperasian (operating envelopes) peralatan suar bakar guna memastikan tingkat efisiensi penghancuran minimum dari suar bakar.<sup>60</sup>

**Royalti, denda, dan insentif ekonomi lainnya.** Regulasi tentang *flaring* dan *venting* dapat mencakup elemen preskriptif, seperti larangan atau persyaratan izin, dan elemen ekonomi, seperti biaya royalti. *Flaring* relatif mudah diukur dan dihitung (*lihat Bab 9: Pemantauan*), sehingga insentif ekonomi lebih memungkinkan untuk diterapkan untuk *flaring* dibandingkan untuk emisi fugitive (atau *venting*). Royalti atau pajak *flaring* dapat memberikan insentif moneter bagi perusahaan untuk mengurangi *flaring*-nya. Biaya ini dapat dikenakan pada semua

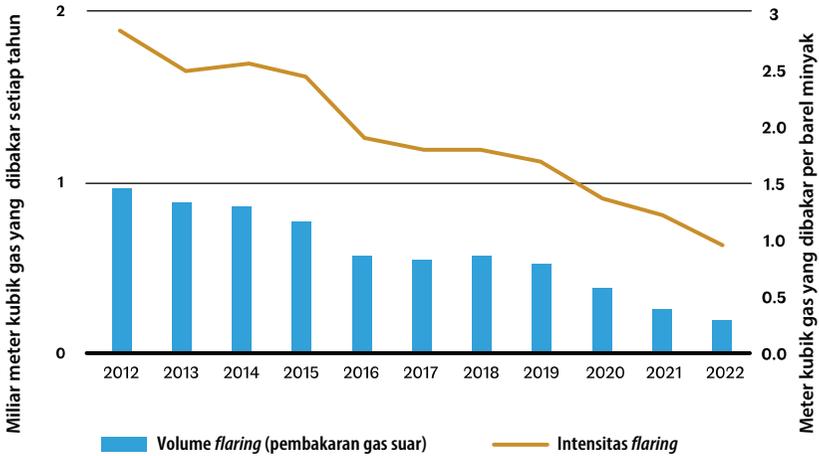
volume yang dibakar atau volume di atas suatu ambang batas saja. Dampak dari langkah ini dapat dipengaruhi oleh tingkat royalti, infrastruktur, harga gas, dan permintaan.

**Pengukuran dan pelaporan.** Banyak negara mengharuskan operator untuk melaporkan volume gas yang dibakar atau dilepaskan. Dalam beberapa kasus, diwajibkan pengukuran langsung terhadap volume yang dibakar, sementara dalam kasus lain, jumlahnya diperkirakan menggunakan rasio gas terhadap minyak dan volume produksi minyak.

**Insentif untuk meningkatkan pemanfaatan gas.** Beberapa negara telah mengembangkan insentif untuk membantu menciptakan pasar domestik atau peluang penggunaan potensial lainnya atas gas yang seharusnya bisa dibakar. Beberapa negara mewajibkan operator untuk mengembangkan rencana pemanfaatan gas dan menawarkan investasi langsung pada infrastruktur pemanfaatan gas atau insentif lain untuk mendorong pemanfaatan gas. Sebuah proyek di Angola baru-baru ini mengalihkan gas yang seharusnya dibakar ke ekspor LNG.<sup>61</sup>

## Contoh: Pembatasan *Flaring* dan *Venting* di Kolombia

Kolombia telah secara signifikan mengurangi *flaring* melalui regulasi dan upaya PMN-nya, Ecopetrol. Antara tahun 2012 dan 2022, Kolombia mengurangi volume absolut gas suar sebesar 75 persen, sementara produksinya menurun sekitar 20 persen. Selama periode yang sama, intensitas *flaring* (meter kubik gas yang dibakar per barel minyak yang diproduksi) menurun sekitar 65 persen, menjadikan Kolombia sebagai salah satu negara dengan kinerja terbaik dalam pengurangan *flaring* di seluruh dunia, bersama dengan Norwegia, Kanada, dan Brasil.



Gambar 6.1: Volume dan intensitas *flaring* gas di Kolombia, 2012-2022.<sup>62</sup>

Regulasi terkait gas alam ikutan Kolombia meliputi:

- Penegakan kebijakan *flaring* dan *venting* oleh regulator, yakni Badan Hidrokarbon Nasional (National Hydrocarbon Agency [ANH]), dan Kementerian Pertambangan dan Energi (Ministry of Mines and Energy [MME]).
- Pembayaran finansial oleh operator kepada pemerintah terkait *flaring* dan *venting*.
- Didorongnya pasar gas domestik yang kompetitif melalui akses infrastruktur gas yang terbuka dan non-diskriminatif.

Resolusi bersejarah Kolombia 40066, yang diadopsi pada tahun 2022, menentukan:

- *Venting* dilarang selama eksplorasi dan produksi, dengan pengecualian selama keadaan darurat atau untuk pemeliharaan.
- Semua *flaring* harus memperoleh izin sebelumnya dari pihak regulator, dan ini harus dimasukkan dalam izin tahunan.

- Secara umum, *flaring* tidak diperbolehkan, dengan beberapa pengecualian, di antaranya karena alasan keselamatan, pemeliharaan terencana, dan ketidakmampuan ekonomi.
- *Flaring* karena peristiwa yang tidak direncanakan harus diperkirakan sebelumnya berdasarkan tahun sebelumnya dan harus dihentikan dalam jangka waktu lima tahun.
- Operator harus membayar royalti atas gas yang dibakar, dilepaskan, atau disia-siakan dengan cara lain, kecuali diperbolehkan dengan izin.<sup>63</sup>

Resolusi 40066 mengatur berbagai fitur utama regulasi *venting* dan *flaring*:

**Kapan izin diperlukan.** Resolusi 40066 melarang *venting* gas ikutan dengan sengaja dan mengharuskan gas dikumpulkan untuk digunakan atau dikeluarkan lewat suar bakar jika kondisi teknis atau ekonomis menghalangi penggunaan. Ketentuan ini mencakup beberapa pengecualian tanpa izin sebelumnya. Operator wajib memberi tahu pihak regulator dalam waktu 24 jam setelah kejadian emisi.

Resolusi 40066 melarang operator melakukan *flaring* gas alam tanpa otorisasi dan izin *flaring* yang dikeluarkan oleh ANH. Izin tahunan itu wajib.

Untuk mendapatkan izin *flaring* tahunan, operator harus mengajukan permohonan setidaknya 30 hari sebelum memulai operasi atau habis masa berlaku izinnya, dengan disertai informasi mengenai perkiraan tingkat *flaring* untuk masing-masing alasan, justifikasi, dan informasi pendukung. Untuk membakar gas karena gasnya tidak layak secara ekonomi, operator harus menunjukkan bahwa gas ikutan tidak dapat dikomersialkan.

Pasal 18 mengatur apa yang harus diserahkan operator untuk memperoleh izin tahunan:

[Kutipan dari Pasal 18:]

1. Penyebab dan alasan *flaring* gas alam.
2. Volume maksimum gas alam yang akan dibakar, yang ditentukan sesuai dengan Pasal 17 resolusi ini.
3. Perkiraan volume gas yang akan dibakar untuk alasan keselamatan, yang didukung dengan perhitungan atau nilai yang ditetapkan oleh pemasok.
4. Perkiraan volume gas alam yang tidak layak secara ekonomi, yang didukung dengan kajian teknis-ekonomisnya.
5. Perkiraan volume kejadian gas yang direncanakan, yang didukung berdasarkan rencana pemeliharaan.
6. Dalam hal menyajikan volume gas dari kejadian yang tidak direncanakan, hal tersebut harus diperkuat dengan penyampaian rencana optimalisasi operasional.
7. Perkiraan volume gas dari *venting* yang disengaja yang dikumpulkan untuk dibakar, yang didukung dengan perhitungan masing-masing.
8. Alternatif dan dukungan untuk melaksanakan pemanfaatan gas, jika ada.<sup>64</sup>

Selain itu, izin *flaring* peristiwa khusus diperlukan untuk kejadian-kejadian yang tidak disebutkan dalam izin tahunan dan diakibatkan oleh pengelolaan gas atau sebab-sebab yang tidak berasal dari praktik operasional. Jika izin tidak diserahkan, operator harus menyerahkan pemberitahuan dalam waktu 24 jam. ANH harus memutuskan setiap permohonan izin dalam waktu 30 hari sejak diterimanya permohonan. ANH juga dapat meminta informasi tambahan untuk mengevaluasi permohonan izin dalam waktu 7 hari sejak diterimanya permohonan.

**Pengecualian terhadap larangan *flaring* dan *venting*.** Resolusi 40066 (Pasal 34) memberikan tiga pengecualian terhadap larangan *venting*.

1. *Venting* dapat terjadi dalam keadaan darurat, dan ANH harus diberitahu dalam waktu 24 jam setelah berakhirnya keadaan darurat.
2. *Venting* dapat terjadi sehubungan dengan program pemeliharaan preventif suatu fasilitas, dan ANH harus diberitahukan dalam waktu 24 jam.
3. Ketika volume gas kurang dari yang dibutuhkan untuk menjaga agar api suar bakar tetap menyala.

Izin *flaring* dapat diberikan dalam keadaan berikut:

- Alasan keselamatan.
- *Flaring* rutin mengalami keterbatasan yang ditentukan dalam peraturan (misalnya, api bakar).
- Apabila penangkapan gas itu tidak layak secara ekonomi (diperkuat dengan bukti).
- *Flaring* yang terkait dengan kegiatan pemeliharaan yang direncanakan.
- Gas yang terkumpul pada akhirnya akan sengaja dilepaskan.
- Peristiwa yang tidak direncanakan tapi dapat dibenarkan.

Operator harus menyerahkan dokumen pendukung untuk menjustifikasi *flaring*. Resolusi tersebut menentukan bahwa izin *flaring* akan diberikan setiap kali gas dikumpulkan, yaitu gas yang pada akhirnya akan dilepaskan. Ini akan menghilangkan insentif untuk membuang gas daripada meminta izin *flaring*.

**Pengurangan *flaring* seiring berjalannya waktu.** Resolusi 40066 mencakup penghitungan volume maksimum gas yang boleh dibakar, yang pada dasarnya merupakan perkiraan jumlah *flaring* yang diizinkan berdasarkan masing-masing pengecualian yang tercantum di atas. Namun, jumlah maksimum yang diperbolehkan akibat kejadian yang tidak direncanakan harus dikurangi sebesar 20 persen setiap tahun selama lima tahun, sehingga mencapai nol pada tahun kelima. Penghapusan bertahap ini hanya berlaku pada kategori *flaring* yang spesifik (kejadian yang tidak direncanakan) dan tidak

berlaku pada situasi di mana penangkapan gas tidak layak secara ekonomi atau pada kejadian terbatas di mana *flaring* rutin diperbolehkan.

**Efisiensi suar bakar.** Resolusi 40066 (Pasal 22) mewajibkan operator untuk setiap tahun memverifikasi bahwa setiap suar bakar telah diperiksa dan beroperasi dalam rentang yang dapat diterima. Operator dapat melakukan verifikasi sendiri, asalkan memiliki peralatan dan kemampuan teknis yang diperlukan. Selain itu, peralatan pemantauan harus dipasang untuk memastikan suar bakar berfungsi dengan baik:

*[Kutipan dari Pasal 22]*

*Untuk melakukan hal ini, teknologi terbaik yang tersedia akan digunakan untuk memantau nyala api, seperti kamera inframerah untuk mengetahui timbulnya asap dari pembakaran hidrokarbon cair atau drone pengukur emisi untuk memeriksa status sistem pengapian pilot atau peralatan serupa.<sup>65</sup>*

Jika ditemukan kerusakan atau masalah, operator harus (1) melakukan perbaikan sesegera mungkin, paling lama 6 bulan, dan (2) melaporkan kondisi tersebut kepada regulator

**Royalti, denda, dan insentif ekonomi lainnya.** Resolusi 40066 dan pendahulunya menetapkan dua insentif keuangan bagi operator untuk memberikan insentif kepada mereka agar tidak membakar lebih dari yang diizinkan:

- **Royalti.** Pasal 18 menyatakan bahwa royalti akan dibayarkan atas *flaring* yang melebihi volume yang diperbolehkan di dalam izin *flaring*. Dengan demikian, berapa pun jumlah yang mereka laporkan yang melampaui izin, otomatis akan dikenakan pembayaran royalti.
- **Denda administratif.** Berdasarkan Resolusi 40066 dan Kitab Undang-Undang Perminyakan tahun 1958, denda atas pelanggaran (*flaring* lebih dari yang diizinkan) adalah \$5.000.

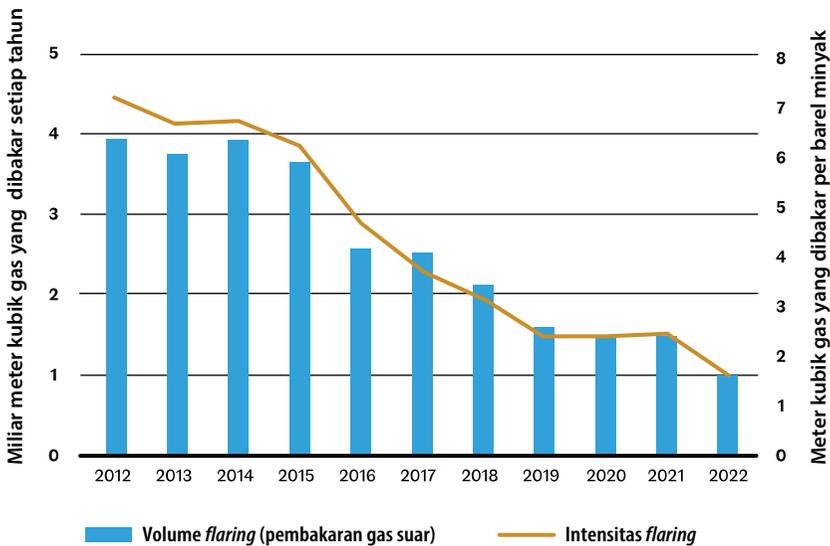
**Pengukuran dan Pelaporan.** Resolusi 40066 mewajibkan pengukuran dan pelaporan bulanan volume yang dibakar dan menentukan format laporan:

*Pasal 24. Pengukuran dan Pelaporan Volume Flaring Gas Alam. Seluruh volume flaring gas alam harus diukur dan dilaporkan oleh Operator setiap bulan kepada [ANH] melalui [Formulir Pelaporan] terlampir atau yang mewakili.<sup>66</sup>*

Resolusi 40066 juga mensyaratkan agar gas yang dilepaskan secara sengaja dilaporkan kepada pihak berwenang, disertai dengan justifikasinya. Namun hal ini tidak memerlukan pengukuran. Melainkan, peraturan ini menetapkan bahwa volume harus dikuantifikasi dan dilaporkan sesuai templat dan prosedur pelaporan produksi.

# Contoh: Pemanfaatan Gas Ikutan di Kazakhstan

Kazakhstan adalah contoh bagaimana suatu negara dapat mengurangi *flaring* dengan mendorong penggunaan gas ikutan. *Flaring* di Kazakhstan telah menurun secara signifikan selama dekade terakhir, seperti yang diilustrasikan di bawah ini:



Gambar 6.2: Volume dan intensitas *flaring* di Kazakhstan, 2012-2022.<sup>67</sup>

**Insentif untuk meningkatkan pemanfaatan gas.** Seperti banyak negara lainnya, Kazakhstan telah melarang *flaring* dan *venting*, dengan pengecualian tertentu, seperti untuk melindungi kesehatan dan keselamatan manusia.<sup>68</sup> Di saat yang sama, Kazakhstan juga telah mendorong produsen minyak untuk memanfaatkan atau memasarkan gas ikutan.

Di Kazakhstan, sumber daya minyak bumi—termasuk gas ikutannya—adalah milik Negara.<sup>69</sup> Kepemilikan negara

memberikan insentif yang kuat bagi pemerintah untuk memastikan sumber daya dimanfaatkan secara produktif dan tidak disia-siakan.

Undang-Undang Perminyakan Kazakhstan mewajibkan operator untuk mengembangkan rencana pemanfaatan gas ikutan sebelum menerima izin untuk membangun proyek ladang minyak baru. Regulator harus menyetujui rencana ini sebelum proyek memperoleh izin, dan harus diperbarui setiap tiga tahun. Operator juga harus menyampaikan laporan tahunan mengenai pelaksanaan rencana pemanfaatan gas.<sup>70</sup>

Undang-Undang Kazakhstan memberikan empat opsi untuk menggunakan gas ikutan:

1. Gas dapat dibakar jika memenuhi salah satu pengecualian (misalnya, *flaring* darurat untuk melindungi kesehatan dan keselamatan manusia, *flaring* selama pengujian, dll.).
2. Gas dapat digunakan untuk keperluan langsung operator, seperti pembakaran untuk listrik di lokasi.
3. Gas dapat dijual ke pengguna lain untuk diproses dan dipasarkan.
4. Jika pemrosesan gas mentah tidak ekonomis, gas dapat diinjeksikan kembali ke reservoir bawah tanah untuk disimpan atau untuk menjaga tekanan reservoir.<sup>71</sup>

Operator harus menyerahkan rencana penangkapan dan pemanfaatan (yang tidak mencakup *venting* dan *flaring* yang sifatnya rutin) agar proyek baru dapat disetujui. Undang-Undang ini memberi wewenang kepada regulator untuk bekerja sama dengan operator fasilitas yang ada untuk menetapkan target progresif dalam penangkapan dan pemanfaatan berdasarkan kelayakan ekonomi.

Diwajibkan pemanfaatan dapat membantu menciptakan pasar domestik untuk gas ikutan dan insentif untuk pemasangan infrastruktur yang diperlukan. Karena perusahaan dituntut untuk aktif mencari peluang pemanfaatannya, maka terciptalah peluang bisnis bagi perusahaan yang mungkin dapat memanfaatkan gas tersebut secara produktif.

Kazakhstan berangkat dengan keunggulan infrastruktur gas yang ada—termasuk jaringan pipa antara (midstream pipelines), distribusi kota, dan jaringan pipa ekspor—serta basis pelanggan konsumen dan industri yang sudah ada. Dengan demikian, produsen minyak dapat mengirimkan gas melalui infrastruktur transmisi yang ada ke pasar domestik dan ekspor. Fitur lain dari rezim regulasinya, seperti pembatasan *flaring* dalam Kitab Undang-Undang Lingkungan, juga mendorong pemanfaatan gas. Kazakhstan juga mengenakan sanksi moneter atas pelanggaran persyaratan perizinan. Fokus Kazakhstan dalam memastikan bahwa gas ikutan mencapai pasar konsumen, disertai pembatasan-pembatasan oleh regulasi ini, telah mengurangi *flaring* secara signifikan.



## Berbagai sumber Daya Berguna tentang *Flaring* dan *Venting*

Bank Dunia 2022: Tinjauan Komparatif Regulasi *Flaring* dan *Venting* Global, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/summary-report>

Pedoman Metana 2019, Mengurangi Emisi Metana: Panduan Praktik Terbaik — *Flaring*, <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/flaring>

*Flaring Gas* Global, Inisiatif Iklim Minyak dan Gas, Pedoman Metana, dan Perangkat *Flaring* Kemitraan Pengurangan Metana, <https://flaringmethanetoolkit.com/>

# 7. Standar Peralatan dan Proses

---

## Sejumlah Poin Penting

- Metana dapat keluar dari peralatan yang digunakan di sektor minyak dan gas sebagai akibat dari desain peralatan tersebut atau karena standar pengoperasian peralatan tersebut. Oleh karena itu, mewajibkan operator untuk mengadopsi standar peralatan dan proses merupakan alat regulasi yang penting untuk pengurangan metana.
- Regulasi tentang peralatan dan proses dapat mewajibkan perusahaan untuk mengganti peralatan yang beremisi tinggi dengan peralatan alternatif yang beremisi lebih rendah atau menerapkan prosedur khusus yang menghindari atau membatasi emisi metana.
- Ada banyak contoh regulasi tentang standar peralatan dan proses di sektor minyak dan gas. Regulasi-regulasi ini berlaku untuk penyelesaian sumur (well completion) dan perangkat pneumatik, termasuk pengontrol katup dan pompa, kompresor, tangki penyimpanan, dehidrator glikol, dan pembongkaran cairan.
- Regulasi Nigeria yang dikeluarkan pada bulan November 2022 menunjukkan bagaimana suatu negara menggunakan standar peralatan dan standar operasi sebagai bagian dari rencana pengurangan metana.

Standar peralatan adalah persyaratan desain untuk jenis peralatan tertentu di sektor minyak dan gas. Standar proses, termasuk prosedur operasi standar, adalah persyaratan untuk mengoperasikan peralatan tersebut atau melakukan aktivitas tertentu. Metana dapat lepas dari peralatan karena desainnya dan selama pengoperasian rutin. Misalnya, ketika seorang operator perlu merawat peralatan seperti separator minyak dan gas, prosedur operasi standarnya mungkin adalah mengeluarkan gas bertekanan di dalamnya sehingga pekerja dapat melakukan perawatan tersebut dengan aman. *Venting* juga mengeluarkan metana.

Emisi metana dari peralatan dan proses bisa sangat besar. Oleh karena itu, banyak pemerintah telah mengadopsi regulasi yang mewajibkan peralatan diremajakan ke versi yang lebih baru dengan emisi metana yang lebih sedikit atau tanpa emisi. Banyak

pemerintah juga telah mengadopsi regulasi yang mewajibkan perubahan langkah-langkah prosedural yang berpotensi mengurangi emisi dibanding prosedur operasi sebelumnya.

Peralatan dan standar proses yang lebih baik dapat membantu mengurangi emisi metana bahkan tanpa data yang solid dan terukur dari masing-masing sumber emisi. Meskipun demikian, inventarisasi sumber yang baik—bahkan yang berdasarkan faktor emisi standar—dapat membantu regulator memahami regulasi apa yang akan memiliki dampak paling besar dan memahami potensi biaya yang harus ditanggung industri dalam menerapkan standar tersebut.

## Seperti Apa Regulasi tentang Peralatan atau Proses pada Umumnya

Unsur-unsur spesifik sebuah standar **emisi terkait peralatan** adalah tergantung pada sumber emisi yang ditargetkan. Unsur-unsur ini dapat mewajibkan perusahaan untuk meremajakan perangkat yang diketahui mengeluarkan metana dengan versi yang baru yang mengeluarkan emisi lebih sedikit atau tidak mengeluarkan sama sekali, atau mengharuskan perusahaan untuk memasang peralatan baru yang dapat me-recover emisi.

Untuk **emisi terkait proses**, standar preskriptif dapat menentukan perubahan atas prosedur yang berpotensi mengurangi emisi dibanding prosedur operasi standar.

**Peralatan/proses yang ditargetkan.** Menentukan peralatan apa yang menjadi fokus regulasi adalah pertanyaan paling penting ketika merancang standar peralatan. Persyaratan pengendalian yang spesifik dapat berbeda-beda, tergantung pada teknologi yang lazim di yurisdiksi tersebut dan pilihan pengurangan teknis yang tersedia.

Regulasi dapat menargetkan:

- Perangkat pneumatik, termasuk pengontrol katup dan pompa. Beberapa belahan dunia mungkin menyebut ini sebagai penggunaan instrumen gas.
- Kompresor.
- Tangki penyimpanan.
- Dehidrator glikol.
- Pembongkaran cairan
- Penyelesaian sumur (well completion).

Regulator dapat mempertimbangkan volume emisi dari berbagai sumber dan kelayakan serta biaya yang terkait dengan pilihan pengurangan emisi. Masing-masing pertimbangan ini dapat dipengaruhi oleh faktor regional atau lokal, seperti topografi atau iklim. Seringkali regulator yang ingin membuat atau memperbarui regulasi tentang standar peralatan dan standar proses dapat mempelajari lebih lanjut tentang sifat lokal dari berbagai sumber ini dari para pemangku kepentingan.

Beberapa regulasi peralatan mensyaratkan pengontrol pneumatik zero-bleed, yang mewajibkan penggunaan listrik (dari jaringan listrik atau panel surya) atau udara instrumen (instrument air) sebagai pengganti gas alam. Rincian seperti ini dapat memberikan kejelasan dan pengurangan emisi yang dapat diprediksi, namun mungkin tidak memberikan insentif untuk menggunakan teknologi yang muncul belakangan untuk mengurangi emisi ke tingkat yang setara, dengan biaya yang sama atau lebih rendah.

Regulasi lainnya menggunakan **standar peralatan berbasis kinerja**. Daripada mewajibkan perangkat tertentu, sebuah regulasi dapat mencantumkan level kinerja yang disyaratkan—misalnya, pengontrol pneumatik yang mengeluarkan emisi kurang dari 0,17 standar meter kubik per jam. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan untuk memilih teknologi apa pun yang memenuhi target kinerja, terkadang dengan menghemat biaya.

**Lingkup sumber.** Seperti yang telah dibahas sebelumnya, potensi pengurangan metana dan kurva biaya dapat menjadi pertimbangan penting dalam desain regulasi. Regulasi dapat membedakan antara sumber besar dan kecil atau melakukan perbedaan lain terkait biaya atau kelayakan kepatuhan. Periode implementasi bertahap dapat memberikan waktu bagi fasilitas yang ada untuk menyesuaikan diri dengan standar yang segera diterapkan pada sumber baru. Dalam beberapa regulasi, sumber yang ada dapat mengajukan permohonan pengecualian atau perpanjangan batas waktu atas dasar masalah teknis atau biaya.

**Pemantauan.** Pertimbangan penting lainnya adalah menentukan pengurangan emisi yang dicapai berdasarkan suatu persyaratan. Beberapa regulasi hanya bergantung pada spesifikasi pabrikan—jika produk dirancang untuk mengeluarkan emisi kurang dari batas regulasi, maka persyaratannya terpenuhi. Dalam kasus lain, regulasi mewajibkan pengujian peralatan secara berkala. Pengujian rutin memberikan kepastian yang lebih besar mengenai emisi tapi dengan biaya penerapan yang lebih tinggi bagi industri.

**Pelaporan, sertifikasi, dan audit.** Persyaratan pelaporan adalah penting untuk melacak kepatuhan dan juga dapat membantu meningkatkan kepatuhan dengan memastikan bahwa perusahaan mengetahui kinerjanya sendiri. Pelaporan juga merupakan landasan transparansi untuk menciptakan akuntabilitas publik, yang merupakan pendorong utama kinerja yang lebih baik. Dalam beberapa kasus, regulasi mewajibkan perusahaan untuk menyimpan catatan selama jangka waktu tertentu, dan regulator dapat memperoleh catatan tersebut jika meminta. Persyaratan untuk secara elektronik menyerahkan beberapa catatan yang paling penting juga dapat bermanfaat, sehingga perusahaan tahu bahwa pemerintah punya akses cepat ke catatan tersebut.

Beberapa regulasi mewajibkan sertifikasi oleh pihak ketiga melalui audit. Sertifikasi oleh pihak ketiga meningkatkan keyakinan bahwa suatu perusahaan itu patuh tanpa

memerlukan sarana jaminan pemerintah yang besar, meskipun hal ini memerlukan biaya tambahan bagi industri yang teregulasi. Program sertifikasi oleh pihak ketiga adalah sangat efektif bila pihak ketiga sepenuhnya independen dari entitas yang diaudit; penugasan auditor secara acak adalah pendekatan yang terbukti efektif untuk verifikasi yang lebih akurat.

## Contoh: Regulasi Standar Peralatan di Nigeria

Nigeria mengadopsi regulasi pada tahun 2022 yang menetapkan standar khusus untuk beberapa kelas peralatan yang digunakan dalam operasi hulu minyak dan gas, termasuk pengontrol pneumatik, pompa pneumatik, segel kompresor sentrifugal (centrifugal compressor seals), kompresor bolak-balik (reciprocating compressors), dehidrator glikol, dan tangki penyimpanan cairan.<sup>72</sup> Regulasi di Nigeria adalah contoh yang baik dalam menggunakan standar peralatan untuk mengurangi metana. Bagian ini membahas beberapa standar peralatan baru secara rinci:

### Tangki Penyimpanan Cairan

Pasal 3.4.6 regulasi Nigeria menetapkan standar untuk tangki penyimpanan cairan.

**Peralatan/proses alternatif.** Regulasi Nigeria mewajibkan operator untuk menerapkan sistem recovery uap (vapour recovery system) atau alat pembakaran (suar bakar) untuk tangki yang memenuhi ambang batas ukuran tertentu:

#### 1. Persyaratan kontrol

i. Untuk semua tangki penyimpanan atap tetap (*fixed roof storage tanks*) yang berpotensi mengeluarkan senyawa organik volatil (*volatile organic compounds [VOC]*) lebih dari 2 ton per tahun akibat *flash gas*, *working losses*, dan *breathing losses*, operator

*harus mengalirkan emisi, termasuk semua emisi flash gas dan emisi karena working losses dan breathing losses, ke sistem recovery uap (vapour recovery system) atau, dalam beberapa kasus, ke sebuah alat pembakaran.<sup>73</sup>*

Operator dapat memilih (1) sistem recovery uap atau (2) perangkat pembakaran. Memasukkan dua alternatif kepatuhan ini memberi perusahaan fleksibilitas untuk memilih solusi yang paling tepat untuk situasi tertentu.

Selain itu, operator harus mengevaluasi sistem pengendalian polusi mereka dan memastikan bahwa sistem tersebut cukup besar untuk menangkap emisi-emisi yang terkait dengan beberapa proses tangki yang berbeda.

*iv. Mewajibkan operator tangki yang dikendalikan untuk mengevaluasi sistem pengendalian emisi tangki mereka dan memastikan bahwa setiap sistem, sebagaimana dirancang, adalah cukup besar untuk menangkap semua potensi emisi (flash gas, working losses, dan breathing losses) dari tangki.<sup>74</sup>*

Secara terpisah, regulasi ini juga mengatur praktik operasional yang terkait dengan palka (hatches) dan titik akses lainnya yang digunakan untuk tujuan inspeksi atau untuk pengukuran ketinggian (level gauging purposes):

*iii. Melarang pelepasan emisi hidrokarbon dari palka dan titik akses lain pada tangki selama pengoperasian normal.*

*a. Lubang palka dapat dibuka untuk keperluan pengukuran, namun lubang palka harus ditutup segera setelah sampel diambil.*

*b. Alternatifnya, operator dapat menggunakan sistem pengukur otomatis atau keran (spigot) untuk mengambil sampel hidrokarbon di dalam tangki tanpa membuka palka.<sup>75</sup>*

Operator dapat mematuhi regulasi ini dengan memasang sistem pengukur otomatis atau spigot untuk mengambil sampel tangki tetapi tidak diharuskan memasangnya. Jika opsi ini tidak diambil, operator harus menutup lubang palka tangki sesegera mungkin setelah sampel diambil. Opsi ini memberikan

fleksibilitas yang signifikan kepada operator karena peremajaan peralatan tidak bersifat wajib.

**Cakupan sumber.** Regulasi Nigeria ini berlaku untuk semua tangki dengan atap tetap (fixed roof tanks) yang berpotensi mengeluarkan senyawa organik volatil (volatile organic compounds [VOC]) lebih dari dua ton per tahun, berapa pun usia tangki tersebut. Namun, ada jadwal penerapan bertahap yang mengharuskan kontrol diterapkan lebih awal pada tangki berukuran besar:

*Diimplementasikan menggunakan fase berikut dalam penjadwalan (kecuali untuk kasus yang disebutkan di Pasal 3.4.6,1(ii)).*

*a. Tangki dengan VOC > 12 ton per tahun dikontrol dalam waktu satu tahun penerapan pedoman ini.*

*b. Tangki dengan VOC 6-12 ton per tahun dikontrol dalam waktu dua tahun penerapan pedoman ini.*

*c. Tangki dengan VOC 2-6 ton per tahun dikontrol dalam waktu tiga tahun penerapan pedoman ini.<sup>76</sup>*

Secara terpisah, regulasi ini memperbolehkan operator untuk meminta pengecualian jika penggunaan peralatan pengendalian polusi udara “secara teknis tidak mungkin dilakukan tanpa bahan bakar tambahan”:

*ii. Pemilik atau operator tangki penyimpanan di mana penggunaan peralatan pengendalian pencemaran udara secara teknis tidak mungkin dilakukan tanpa bahan bakar tambahan dapat mengajukan permohonan kepada NUPRC untuk pengecualian dari persyaratan pengendalian yang diatur dalam Pasal 3.4.6, 1(i). Permintaan tersebut harus menyertakan dokumen yang menunjukkan ketidaklayakan peralatan pengendalian polusi udara. Penerapan pengecualian ini tidak membebaskan pemilik atau operator dari kepatuhan terhadap kewajiban memantau tangki penyimpanan.<sup>77</sup>*

Pengecualian ini dimaksudkan untuk situasi di mana regulasi ini terlalu memberatkan perusahaan karena harus mengangkut bahan bakar tambahan untuk mengoperasikan peralatan

pengendalian polusi. Perusahaan harus secara khusus meminta pengecualian dan menyerahkan dokumen pendukung. Pasal 2.iii mengatur bahwa operator harus melakukan pengujian tahunan terhadap tangki yang dikecualikan untuk mengevaluasi apakah pengecualian tersebut tetap diperlukan (lihat di bawah).

**Pemantauan.** Regulasi Nigeria mencakup persyaratan pemantauan khusus untuk perangkat kendali tangki. Persyaratan ini mewajibkan bahwa tangki penyimpanan dan sistem recovery uap (vapour recovery system) terkait harus disertakan dalam aktivitas seperti survei audio, visual, dan penciuman (AVO) dan program LDAR dengan instrumen:

## 2. Pemantauan

i. *Mewajibkan setidaknya inspeksi visual dan AVO setiap triwulan terhadap tangki penyimpanan atap terapung (floating roof) dan atap tetap (fixed roof) dengan emisi lebih dari 2 ton per tahun dan perangkat kontrol untuk memastikan bahwa emisi dialirkan ke unit kontrol dan bahwa suar bakar sedang beroperasi sesuai desain.*

ii. *Memantau wadah penyimpanan (storage vessel), titik akses, sistem recovery uap (vapour recovery system), dan ruang bakar sebagai bagian dari LDAR dengan instrumen.*

iii. *Terhadap semua tangki (dengan emisi > 2 ton per tahun) yang tidak menggunakan sistem recovery uap harus dilakukan flash analysis testing tahunan guna memperkirakan emisi metana tahunan dari tangki-tangki tersebut dan mengevaluasi apakah pengecualian dalam Pasal 3.4.6,1(ii) tetap berlaku.<sup>78</sup>*

**Pelaporan, sertifikasi, dan audit.** Regulasi tangki penyimpanan cairan mengharuskan operator untuk menyerahkan laporan tahunan yang menunjukkan kepatuhan. Namun, persyaratan pencatatan relatif terbatas, hanya pencatatan yang diperlukan untuk inspeksi visual dan inspeksi AVO triwulanan.

## Pengontrol Pneumatik

Pasal 3.4.1 regulasi Nigeria mewajibkan penggantian perangkat high-bleed dengan perangkat low-bleed atau zero-bleed, melakukan retrofit pada perangkat high-bleed, dan memperbaiki praktik pemeliharaan. Langkah-langkah ini dapat mengurangi emisi dan, dalam kondisi tertentu, mempunyai waktu pengembalian (payback period) yang singkat.

Regulasi Nigeria melarang operator menggunakan pengontrol pneumatik yang digerakkan oleh gas alam yang melepaskan gas langsung ke atmosfer untuk banyak fasilitas:

*i. Persyaratan berikut ini berlaku untuk semua stasiun kompresor dan processing plant. Selain itu, persyaratan ini berlaku untuk fasilitas produksi sumur yang mempunyai akses terhadap operator jaringan listrik dan semua fasilitas produksi sumur baru yang dibangun setelah tanggal berlakunya peraturan ini:*

*Operator dilarang menggunakan pengontrol pneumatik yang digerakkan oleh gas alam, dan sebagai gantinya mereka harus melakukan retrofit pada fasilitas dengan pengontrol zero-bleed, termasuk pengontrol yang ditenagai oleh listrik atau udara instrumen (air instrument), atau emisi harus dialirkan ke sistem pemulihan uap yang menangkap emisi. Jika tidak memungkinkan untuk menangkap emisi, operator dapat menggunakan suar bakar.<sup>79</sup>*

Meskipun regulasi di Nigeria mensyaratkan adanya pengendali zero-bleed, regulasi ini mencatat bahwa emisi dapat dialirkan ke sistem recovery uap (vapour recovery system) atau, sebagai upaya terakhir, dibakar. Hal ini memungkinkan pengontrol yang digerakkan oleh gas alam untuk terus digunakan dalam beberapa kasus, namun gas alam pada akhirnya harus ditangkap atau dikendalikan.

**Cakupan sumber.** Regulasi Nigeria berlaku untuk semua stasiun kompresor dan processing plants. Regulasi ini hanya berlaku untuk konstruksi baru dan konstruksi yang sudah mempunyai akses jaringan listrik untuk fasilitas produksi sumur. Regulasi

ini hanya berlaku untuk konstruksi baru dan konstruksi yang sudah mempunyai akses jaringan listrik untuk fasilitas produksi sumur.

ii. Hal berikut ini berlaku untuk fasilitas produksi sumur yang tidak mempunyai akses terhadap operator jaringan listrik:

*Periode bertahap 5 tahun:*

a. Dalam waktu satu tahun penerapan pedoman ini, operator harus memastikan bahwa 25 persen dari pengontrol pneumatik ini adalah pengontrol zero-bleed (seperti didefinisikan dalam pasal sebelumnya), dan sisanya adalah pengontrol low-bleed (yaitu, mengeluarkan emisi gas alam kurang dari 0,17 standar meter kubik per jam).

b. Dalam waktu dua tahun penerapan pedoman ini, operator harus memastikan bahwa 65 persen dari pengontrol pneumatik ini adalah pengontrol zero-bleed (seperti didefinisikan dalam pasal sebelumnya), dan sisanya adalah pengontrol low-bleed (yaitu, mengeluarkan emisi gas alam kurang dari 0,17 standar meter kubik per jam).

c. Dalam waktu tiga tahun penerapan pedoman ini, operator harus memastikan bahwa 75 persen dari pengontrol pneumatik ini adalah pengontrol zero-bleed (seperti didefinisikan dalam pasal sebelumnya), dan sisanya adalah pengontrol zero-bleed (yaitu, mengeluarkan emisi gas alam kurang dari 0,17 standar meter kubik per jam).

d. Dalam waktu empat tahun penerapan pedoman ini, operator harus memastikan bahwa 85 persen dari pengontrol pneumatik ini adalah pengontrol zero-bleed (seperti didefinisikan dalam pasal sebelumnya), dan sisanya merupakan pengontrol low-bleed (yaitu, mengeluarkan emisi gas alam kurang dari 0,17 standar meter kubik per jam).

e. Dalam waktu lima tahun penerapan pedoman ini, operator harus memastikan bahwa semua pengontrol pneumatik adalah pengontrol zero-bleed (seperti didefinisikan dalam pasal sebelumnya).<sup>80</sup>

Kewajiban untuk menggunakan perangkat zero-bleed meningkat dengan cepat dari 25 persen menjadi 65 persen hanya dalam dua tahun dan kemudian mendekati 100 persen dalam tiga tahun berikutnya. Sebagai alternatif, emisi yang keluar dari pengontrol pneumatik yang tidak diganti dengan perangkat zero-bleed dibatasi hingga kurang dari 0,17 standar meter kubik per jam. Ketentuan ini berlaku sebagai **standar kinerja** karena tidak memerlukan jenis atau model pengontrol tertentu dan menyerahkan kepada operator untuk memilih pengontrol mana pun yang memenuhi standar kinerja.

**Pemantauan.** Sesuai regulasi pemerintah Nigeria harus ada tes berkala dan inspeksi reguler secara tahunan untuk pengontrol pneumatik.

## 2. Pemantauan.

*i. Selama operator memiliki pengontrol pneumatik yang digerakkan oleh gas di lokasi, pengontrol tersebut harus diuji setiap tahun menggunakan metode pengukuran langsung (high volume sampling, bagging, calibrated flow measuring instrument), dan operator harus memperbaiki perangkat apa pun yang memiliki laju aliran emisi terukur lebih besar dari 0,17 standar meter kubik per jam dalam waktu 14 hari sejak tanggal kebocoran terdeteksi.*

*ii. Setiap pengontrol intermiten yang digerakkan oleh gas yang melepaskan emisi ke atmosfer harus dipantau dengan instrumen selama inspeksi apa pun yang dilakukan sesuai dengan persyaratan Pasal 3.2 untuk memastikan bahwa tidak ada emisi yang terjadi di antara pengoperasian (actuation). Jika emisi terjadi di antara pengoperasian, maka alat kontrol harus diperbaiki atau diganti dalam waktu 30 hari.<sup>81</sup>*

Untuk perangkat low-bleed, regulasi Nigeria mewajibkan pengujian tahunan menggunakan pengukuran langsung untuk menentukan apakah alirannya melebihi ambang batas. Regulasi selanjutnya mengharuskan operator untuk melakukan perbaikan segera jika masalah terdeteksi.

**Pelaporan, sertifikasi, dan audit.** Regulasi Nigeria mewajibkan setiap operator untuk menyimpan catatan bleed rate atau jenis pengontrol pneumatiknya setidaknya selama lima tahun dan menyerahkan laporan setiap tahun untuk menunjukkan kepatuhan. Hal ini memungkinkan pihak berwenang Nigeria untuk melacak kepatuhan operator dengan meninjau laporan tahunan tersebut.

# 8. Inventarisasi

---

## Sejumlah Poin Penting

- Inventarisasi emisi sangat penting untuk memahami besaran relatif berbagai sumber emisi.
- Pengembangan inventarisasi emisi biasanya berbeda dari kegiatan pemantauan emisi, meskipun baru-baru ini ada upaya untuk mempersatukan kedua jenis data tersebut.
- Inventarisasi awal dapat disusun dengan menggunakan perhitungan berbasis faktor emisi (mengalikan aktivitas dengan faktor emisi) tanpa melakukan pengukuran emisi yang sebenarnya. Langkah ini mungkin sangat sesuai bagi regulator yang baru saja membuat inventarisasi emisi metana.
- Ada ambisi untuk beralih ke inventarisasi metana berdasarkan pengukuran, yang dapat mencakup informasi pemantauan tambahan dari berbagai sumber seperti satelit dan pesawat terbang untuk meningkatkan estimasi emisi metana.
- Tersedia banyak sumber daya gratis untuk membantu beberapa negara dalam mengembangkan inventarisasi mereka dan program-program pemantauan, pelaporan, dan verifikasi yang terkait.

Pemerintah mengembangkan inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK) level nasional untuk melacak dan melaporkan emisi GRK, termasuk metana, sebagai bagian dari proses Konvensi Kerangka Kerja PBB mengenai Perubahan Iklim (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]). Pedoman pelaporan UNFCCC memerlukan panduan metodologis dari Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]). Emisi metana dari sektor minyak dan gas pada umumnya didasarkan pada faktor-faktor emisi. IPCC menjelaskan beberapa tingkatan praktik pelaporan. Hierarki metodologi berjenjang IPCC mencakup metode estimasi yang lebih sederhana berdasarkan produksi atau throughput yang diterapkan pada tingkat emisi regional atau global per unit produksi atau throughput (Tingkat 1) hingga metodologi berjenjang lebih tinggi yang menggunakan informasi spesifik

negara, termasuk penggunaan data spesifik negara atau fasilitas atau model (Tingkat 2 atau 3). Bagi beberapa negara, peralihan ke tingkat emisi yang lebih tinggi memerlukan pengumpulan data tambahan untuk mengembangkan estimasi emisi yang lebih tepat. Data tambahan ini akan meliputi informasi yang juga berguna untuk mengidentifikasi peluang pengurangan emisi dan dapat membantu melacak pengurangan emisi dari proyek yang telah selesai. Terakhir, dimasukkannya estimasi yang akurat untuk sektor ini dalam inventarisasi gas rumah kaca nasional akan membantu beberapa negara memperhitungkan pengurangan gas metana mereka dalam memenuhi komitmen yang ditentukan secara nasional berdasarkan Perjanjian Paris.

## **Inventarisasi Emisi vs. Pemantauan**

Secara historis, sektor-sektor dengan emisi terdispersi, seperti pertanian, pengelolaan limbah, serta minyak dan gas, telah mengembangkan inventarisasi emisi menggunakan data aktivitas mereka dan faktor emisi standar. Faktor emisi memperkirakan emisi rata-rata untuk suatu kegiatan atau peralatan (yaitu kilogram metana per jam per perangkat pneumatik) dan umumnya dikembangkan dari studi akademis atau kegiatan pengukuran lapangan.

Baru-baru ini, studi ilmiah dari metode estimasi top-down, seperti menggunakan pengukuran dari pesawat terbang, telah menghitung tingkat emisi yang lebih tinggi dibandingkan estimasi faktor emisi. Deteksi emisi dari beberapa negara penghasil emisi dalam jumlah tinggi – yang probabilitasnya lebih rendah namun besaran emisinya tinggi – mungkin menjadi penyebab perbedaan tersebut.

Teknologi untuk memantau emisi metana dari operasi minyak dan gas semakin banyak digunakan, seringkali sebagai bagian dari program LDAR. Teknologi ini biasanya bersifat non-kuantitatif—menentukan apakah terjadi kebocoran tanpa mengukur volume emisi. Meskipun teknologi terus

berkembang, sebagian besar kegiatan pengembangan inventarisasi emisi masih terpisah dari kegiatan pemantauan. Trennya adalah menyelaraskan pengamatan pemantauan dan kegiatan pengembangan inventarisasi emisi. Untuk meningkatkan kegunaan data yang dipantau dari studi top-down, dan penggunaannya untuk mengidentifikasi beberapa hal yang bisa ditingkatkan dalam inventarisasi emisi, penting untuk ikut serta sejak dini untuk memastikan keselarasan desain dan ruang lingkup pekerjaan, dan untuk memastikan analisis komparatif jika ada.

## Data yang Dibutuhkan untuk Inventarisasi Emisi

Banyak informasi yang diperlukan untuk mengembangkan inventarisasi emisi memerlukan input data penting dari operator. Inventarisasi nasional mengumpulkan emisi yang dilaporkan oleh operator atau emisi di level aset yang diperkirakan, terkadang ditambah dengan estimasi atau pengukuran. Misalnya, Program Pelaporan Gas Rumah Kaca AS (U.S. Greenhouse Gas Reporting Program [GHGRP]) secara umum mempunyai ambang batas pelaporan sebesar 25.000 ton emisi setara CO<sub>2</sub> per tahun. Inventarisasi Emisi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca AS (Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks) menggunakan sejumlah sumber data untuk menghitung emisi dan penyerapan emisi nasional, termasuk informasi yang dilaporkan ke GHGRP, studi penelitian, dan statistik nasional.

Inventarisasi sering kali dikumpulkan dari estimasi yang dihasilkan dengan menggabungkan faktor emisi dan data aktivitas. Faktor emisi memperkirakan emisi rata-rata suatu aktivitas atau peralatan (yaitu kilogram metana per jam per perangkat pneumatik) berdasarkan studi atau kegiatan pengukuran lapangan. Data aktivitas dapat meliputi jumlah peralatan (yaitu jumlah perangkat pneumatik) atau pelacakan

data tambahan seperti penggunaan bahan bakar. Pendekatan berbasis faktor emisi dimaksudkan untuk mencakup emisi rata-rata pada berbagai aset, sehingga mungkin tidak dapat disamakan secara tepat dengan emisi di suatu lokasi tertentu. Dalam beberapa kasus, estimasi teknik untuk sumber tertentu dapat menambah estimasi berbasis faktor emisi.

Salah satu kritik terhadap inventarisasi metana yang hanya mengandalkan faktor emisi adalah bahwa inventarisasi tersebut dapat melalaikan informasi tentang penghasil emisi dalam jumlah tinggi, baik yang timbul dari proses normal dan kondisi operasi (seperti pemeliharaan atau pembongkaran) atau kejadian yang tidak direncanakan (seperti pecahnya pipa dan kegagalan peralatan).

Saat ini, pemerintah dan operator yang ingin memperbaiki informasi emisi metana berupaya untuk beralih dari faktor-faktor sederhana (yaitu berdasarkan produksi atau throughput) ke faktor emisi spesifik sumber tertentu dan ke pelaporan berdasarkan pengukuran yang memanfaatkan sumber informasi tambahan seperti pemantauan emisi terus-menerus atau pemantauan udara berkala, atau survei satelit.

## **Inventarisasi Sumur yang Ditutup dan Ditinggalkan**

Praktik terbaik inventarisasi IPCC mencakup estimasi level negara untuk sumur-sumur tak terpakai yang, yang biasanya berdasarkan faktor emisi. Sumur tak terpakai dapat mengeluarkan metana dan zat lain dalam jumlah besar.<sup>82</sup> Emisi dapat diperkirakan menggunakan faktor emisi dan jumlah sumur yang ditutup dan tidak ditutup. Jika ditutup dengan benar, sumur-sumur ini menghasilkan emisi sangat kecil dibandingkan dengan sumber emisi dari operasi yang aktif.

Sumur tidak aktif (orphaned wells) adalah sumur yang tidak ditutup dan tidak ada pemilik yang bertanggung jawab

dalam catatannya. Beban finansial untuk menutup sumur ini diserahkan kepada pemerintah dan masyarakat. Untuk mencegah sumur ditutup, operator dapat diminta untuk memberikan jaminan keuangan di muka dalam bentuk jaminan yang cukup untuk menutupi biaya penutupan sebuah sumur. Hal yang juga berguna untuk mencegah sumur tidak aktif adalah dengan memiliki aplikasi transfer aset yang bagus untuk melacak kepemilikan dan tanggung jawab. Pilihan kebijakan lainnya adalah mendanai lembaga-lembaga untuk menyumbat, menutup, dan menguruk lahan yang terkait dengan sumur-sumur tidak aktif sebagai bagian dari strategi pengurangan metana.<sup>83</sup>

## **Pertimbangan-pertimbangan Desain saat Mengembangkan Program Pelaporan dan Inventarisasi Emisi**

Program pelaporan level fasilitas atau operator yang dirancang dengan baik dapat menjadi masukan penting bagi pengembangan inventarisasi emisi level nasional dan analisis mitigasi.

**Ruang lingkup pelaporan.** Keputusan pentingnya adalah emisi GRK jenis apa yang harus dimasukkan dalam program pelaporan di level fasilitas atau operator dan, pada gilirannya, dalam inventarisasi emisi. Meskipun sumber emisi karbon dioksida dan metana adalah berbeda, ada gunanya memasukkan keduanya ke dalam program pelaporan minyak dan gas.

Keputusan penting kedua adalah menerapkan persyaratan pelaporan yang sama untuk semua operator. Beberapa pemerintah telah mengecualikan operator kecil karena biaya pengumpulan dan pelaporan data yang diperlukan. Namun,

walaupun operatornya kecil, hal ini tidak berarti bahwa emisi mereka secara proporsional lebih kecil dibandingkan operator besar, terutama karena operator kecil mempunyai dana yang lebih sedikit untuk melakukan aksi mitigasi.

**Kewajiban untuk menggunakan metodologi tertentu.** Saat mengembangkan program pelaporan untuk pertama kalinya, keputusan pentingnya adalah apakah semua pelapor harus menggunakan metodologi yang sama untuk setiap sumber yang diidentifikasi. Standardisasi akan memungkinkan perbandingan yang lebih langsung antara berbagai operator di suatu negara. Hal ini akan memberikan kejelasan metodologi dalam pelaporan, namun jika standarnya berbeda-beda, hal ini dapat menimbulkan biaya tambahan, terutama bagi operator internasional.

**Transparansi data inventarisasi.** Meskipun data emisi GRK level negara biasanya dipublikasikan sebagai bagian dari proses pelaporan UNFCCC, tidak semua negara merilis data perusahaan atau aset secara publik. Informasi ini dapat berguna untuk membandingkan sumber emisi dan kinerja antara operator, dan banyak pemangku kepentingan yang menyerukan agar informasi ini tersedia bagi masyarakat luas. Amerika Serikat, misalnya, menyediakan sebagian besar data level fasilitas untuk umum.<sup>84</sup> Contoh lainnya adalah Otoritas Transisi Laut Utara (North Sea Transition Authority [NSTA]) di Inggris, yang telah menjadikan laporan dan dashboard pemantauan emisi tersedia untuk umum di situs webnya.<sup>85</sup> Meskipun laporan ini menyajikan tren emisi GRK dan tolok ukur produksi nasional, laporan ini hanya menyediakan sebagian data yang dipilih berdasarkan jenis dan kelompok usia infrastruktur, bukan berdasarkan masing-masing operator.

**Pencantuman data tambahan.** Dalam kondisi tertentu, pengumpulan data dan informasi tambahan untuk program pelaporan pada level fasilitas atau operator dapat berguna untuk membandingkan kinerja seluruh operator dan melihat peluang untuk pengurangan gas metana lebih lanjut. Misalnya, jumlah sumur, data produksi atau throughput, dan informasi

mengenai jenis aset dapat berguna untuk memahami kinerja relatif dari berbagai aset dan mengapa emisi lebih besar atau lebih kecil di sebagian operator.

**Verifikasi data oleh pihak ketiga.** Beberapa yurisdiksi mewajibkan penyedia layanan pihak ketiga untuk memverifikasi informasi emisi yang dilaporkan. Terkadang, regulator memberikan pelatihan atau sertifikasi kepada verifikator dan mewajibkan agar pelatihan atau kualifikasi ini diambil. Verifikasi oleh pihak ketiga dapat membuat mahal biaya pengembangan inventarisasi GRK, khususnya di lokasi yang belum memiliki individu terlatih, dan bisa memperlama siklus pelaporan emisi.

Sertifikasi oleh pihak ketiga tidak sama dengan pengembangan inventarisasi emisi oleh pihak ketiga, seperti pengembangan inventarisasi awal oleh konsultan. Opsi kebijakan tertentu, seperti pasar karbon atau program penggantian kerugian, memerlukan verifikasi data oleh pihak ketiga.

**Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap ketidakpastian.** Kualitas inventarisasi faktor emisi, dan teknologi, semuanya berkontribusi terhadap ketidakpastian. Bagi yurisdiksi yang pelaporan metananya sudah matang, ada harapan bahwa metode dan teknologi akan terus berkembang seiring dengan munculnya informasi baru.

## Sumber Daya yang Tersedia untuk Mendukung Pengembangan Inventarisasi

Banyak pemerintah dan LSM menawarkan sumber daya atau layanan untuk melakukan inventarisasi emisi metana guna mendukung program pengurangan emisi metana pemerintah, di antaranya:

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Koalisi Iklim dan Udara Bersih (Climate and Clean Air Coalition [CCAC])</b></p> | <p>→ CCAC memberikan nasihat langsung kepada pemerintah dalam mengembangkan inventarisasi metana dan Rencana Aksi Metana.<sup>86</sup> CCAC "siap bertemu langsung dengan beberapa negara untuk membahas prioritas dan kebutuhan serta membantu mengembangkan strategi mitigasi metana yang paling efisien."</p>    |
| <p><b>Konvensi Kerangka Kerja tentang Perubahan Iklim PBB (UNFCCC)</b></p>            | <p>→ Pedoman pelaporan bagi beberapa negara dalam mengumpulkan dan menyampaikan informasi GRK nasionalnya, termasuk analisis pada sektor-sektor utama.</p> <p>→ Emisi fugitive dalam konteks UNFCCC meliputi <i>flaring</i>, <i>venting</i>, dan emisi fugitive, sebagaimana dijelaskan dalam buku panduan ini.</p> |
| <p><b>Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC)</b></p>                    | <p>→ Kerangka dan panduan metodologis untuk memperkirakan emisi GRK nasional.</p> <p>→ Dalam Volume 2 tentang Energi, Penyempurnaan Pedoman IPCC 2006 untuk Inventarisasi GRK Nasional tahun 2019 mencakup bab tentang estimasi emisi fugitive di berbagai sektor, termasuk sistem minyak dan gas.</p>              |
| <p><b>Satuan Tugas Udara Bersih (Clean Air Task Force [CATF])</b></p>                 | <p>→ Alat Pengurangan Metana Negara<sup>87</sup> dapat membantu beberapa negara mengidentifikasi peluang pengurangan metana menggunakan berbagai level informasi yang tersedia, mulai dari peluang umum yang biasanya ada hingga rekomendasi yang lebih rinci ketika ada informasi yang lebih spesifik.</p>         |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Badan<br/>Perlindungan<br/>Lingkungan<br/>AS (U.S.<br/>Environmental<br/>Protection<br/>Agency [EPA])</b></p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Program Pelaporan Gas Rumah Kaca (Greenhouse Gas Reporting Program [GHGRP])<sup>88</sup> AS mempunyai metodologi yang ditetapkan regulasi dan formulir pelaporan yang tersedia untuk umum<sup>89</sup> untuk menghitung metana dan karbon dioksida di fasilitas minyak dan gas.</li> <li>→ Hal ini mencakup metodologi dan pendekatan perhitungan khusus untuk berbagai sumber darat, lepas pantai, tengah, dan hilir dalam rantai nilai.</li> <li>→ EPA AS telah memperbarui metodologi untuk sektor ini secara berkala. Hal ini dapat bermanfaat bagi sebagian negara dalam mengikuti faktor dan metode emisi terbaru, atau menjadi kesulitan bagi beberapa negara yang mendasarkan regulasi mereka pada metodologi yang terus berkembang yang tidak dapat mereka kendalikan.</li> </ul> |
| <p><b>Indeks Iklim<br/>Minyak plus<br/>Gas (Oil Climate<br/>Index plus Gas)<br/>(Rocky Mountain<br/>Institute)</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ini adalah model yang dikembangkan oleh para ahli terkemuka di Rocky Mountain Institute, dan alat ini “menyatakan ukuran, cakupan, dan sifat masalah metana dengan menghitung dan membandingkan emisi gas rumah kaca dari lebih dari dua pertiga pasokan minyak dan gas dunia.”</li> </ul>   |
| <p><b>Kemitraan<br/>Minyak dan<br/>Gas Metana 2.0<br/>(OGMP 2.0)<sup>90</sup></b></p>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Menawarkan pendekatan estimasi emisi spesifik sumber yang mencakup sejumlah faktor emisi (didefinisikan sebagai Level 3 dalam program ini), perhitungan teknik yang lebih rinci atau pengukuran spesifik sumber (Level 4 dalam program ini), dan rekonsiliasi dengan informasi yang diperoleh dari lapangan (Level 5 berdasarkan program ini).</li> <li>→ Program ini berada di bawah UNEP dan mencakup peninjauan atas data yang diserahkan oleh kontraktor UNEP untuk perusahaan yang mendaftar di bawah program ini.</li> <li>→ Elemen positif dari program ini di antaranya adalah partisipasi global, standarisasi, dan belajar dari pihak lain mengenai cara memperbaiki pelaporan.</li> </ul>   |

**Kemitraan  
Minyak dan  
Gas Metana 2.0  
(OGMP 2.0)<sup>91</sup>**

- Dari sudut pandang negara, bergantung pada proses OGMP 2.0 secara penuh dapat memiliki kelemahan karena terbatasnya data yang tersedia bagi regulator (saat ini, hanya informasi global level perusahaan saja yang dirilis, sementara data level aset dianggap rahasia) dan tenggat waktu data, yang diharapkan setidaknya sembilan bulan setelah diberikannya data.
- OGMP 2.0 berencana untuk melakukan pembaruan berkala terhadap metodologi untuk sektor ini. Hal ini dapat memberikan manfaat bagi sebagian negara dalam mengikuti faktor dan metode emisi terbaru, atau menjadi kesulitan bagi negara yang menyandarkan regulasi mereka pada metodologi yang terus berkembang namun tidak mereka kendalikan.
- Bagi perusahaan minyak nasional dan perusahaan multinasional, penggunaan OGMP 2.0 merupakan peluang efisiensi jika sudah melapor di bawah program ini atau tantangan kepatuhan jika operator belum mendaftarkan.

**Batas Karbon**

- Sebuah alat online dan sistem penyimpanan data yang dikenal sebagai MIST<sup>92</sup> memberikan petunjuk langkah demi langkah untuk mengembangkan inventarisasi emisi metana dengan berbagai level informasi yang tersedia.
- Saat ini, alat tersebut dibuat untuk 28 sumber metana di bagian hulu industri migas berdasarkan sumber pendanaan filantropis dan dukungan finansial industri melalui Inisiatif Iklim Minyak dan Gas (Oil and Gas Climate Initiative [OGCI]) dan Pedoman Metana [Methane Guiding Principles [MGP]].
- Alat tersebut saat ini gratis untuk dipakai operator untuk mengembangkan inventarisasi emisi mereka dan mungkin merupakan titik awal yang baik bagi beberapa negara yang saat ini tidak memiliki alat inventarisasi emisi.
- Seperti halnya perangkat lunak non-komersial lainnya, mungkin ada kelemahan terkait kurangnya kontrol jangka panjang terhadap sistem pencatatan informasi GRK dan model pendanaan jangka panjang untuk produk dan layanan mereka.

|  |   |
|--|---|
| <b>Institut<br/>Perminyakan<br/>Amerika<br/>(American<br/>Petroleum<br/>Institute [API])</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kompedium Metodologi Emisi GRK dari Industri Minyak dan Gas Bumi<sup>93</sup> yang mencakup berbagai sumber potensial dan metodologi estimasi yang tersedia.</li> <li>→ Dapat melengkapi metodologi lain, khususnya untuk sumber emisi unik yang tidak didefinisikan dengan baik oleh program lain.</li> </ul> |
| <b>MiQ</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Memberikan kerangka kerja independen untuk menilai emisi metana dari produksi gas alam, untuk tujuan sertifikasi.</li> <li>→ Merupakan sumber standar teknis untuk setiap segmen rantai pasokan gas alam.</li> </ul>   |

## Teknologi untuk Pemantauan

Evolusi teknologi pemantauan untuk mendeteksi dan mengukur emisi metana akan dibahas secara mendalam di *Bab 9: Pemantauan*. Seiring berjalannya waktu, evolusi teknologi ini memungkinkan adanya opsi tambahan bagi regulator untuk melacak dan memverifikasi emisi metana dari industri minyak dan gas serta memberikan informasi kepada operator untuk mendukung pengurangan emisi yang lebih signifikan.

Biaya dan manfaat dari pilihan-pilihan yang dijelaskan pada *Gambar 8.1* akan bervariasi. Intervensi berbiaya rendah seperti penggunaan data satelit yang tersedia untuk umum dapat menjadi dasar program semacam itu dalam waktu dekat. Opsi tambahan terkadang membutuhkan sumber daya pemerintah untuk membuat kontrak dengan pihak ketiga selaku penyedia teknologi yang memberi layanan pemantauan udara atau seluler atau untuk memasang jaringan pemantauan tetap di dekat fasilitas penting. Pendekatan-pendekatan tersebut tidak saling mengecualikan, dan program berbasis satelit dapat menambahkan unsur seperti pemantauan udara, pemantauan seluler, atau pemantauan terus-menerus seiring dengan semakin matangnya program tersebut.

## Kontinum Pemantauan



Gambar 8.1. Alat pemantauan metana jarak jauh.

# 9. Pemantauan

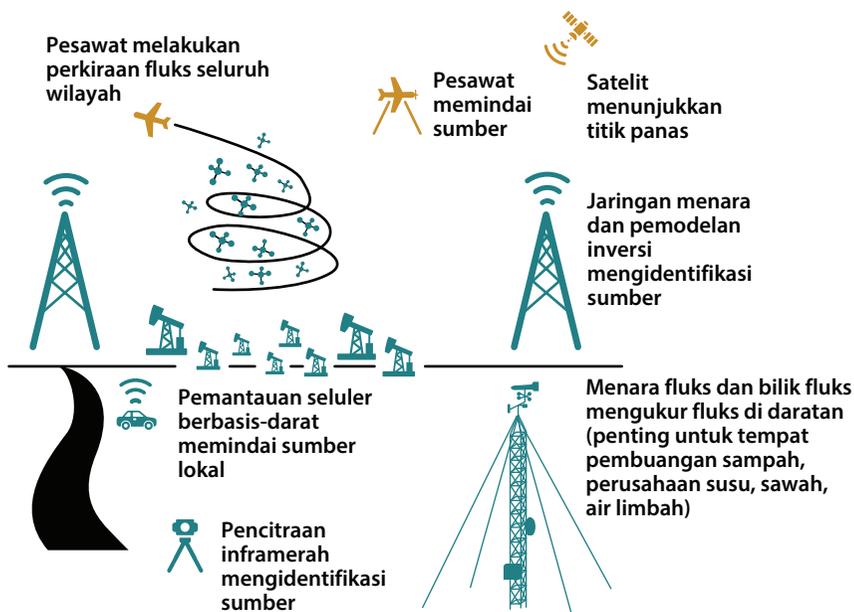
---

## Sejumlah Poin Penting

- Terdapat banyak teknologi pemantauan di pasaran saat ini, dan teknologi baru saat ini sedang dikembangkan. Namun, semua teknologi ini memiliki keterbatasan dan kasus penggunaan optimal yang berbeda.
- Sebagian besar regulasi deteksi kebocoran dan perbaikan saat ini menggunakan pendekatan preskriptif berdasarkan teknologi pemantauan instrumen.
- Regulasi saat ini dapat meliputi persyaratan yang dapat memperbarui data dan pelaporan, yang dapat meletakkan landasan awal bagi masa depan.
- Pemerintah dapat memanfaatkan berbagai sumber daya organisasi internasional dan organisasi non-pemerintah untuk meningkatkan pemantauan—termasuk survei udara satu kali dan pemantauan satelit.

## Teknologi Pemantauan yang Ada

Program pemantauan memberikan informasi mengenai di mana dan mengapa emisi dapat terjadi dan bagaimana cara menghindari atau mencegah emisi. Saat ini, ada banyak sekali teknologi di pasaran untuk operator, dan teknologi baru sedang dikomersialkan dan sedang dikembangkan. Teknologi pemantauan yang paling mutakhir mengikutsertakan deteksi di level sumber menggunakan instrumen, sementara teknologi baru dan sedang berkembang memungkinkan dilakukannya aktivitas penginderaan udara dan pemantauan terus-menerus. Program pemantauan yang paling efektif menggabungkan berbagai teknologi untuk meningkatkan deteksi kebocoran dan atribusi sumber.



Gambar 9.1: Konsep sistem observasi metana berjenjang.<sup>94</sup>

**Instrumen-instrumen deteksi yang paling umum.** Program deteksi dan perbaikan kebocoran tradisional di sektor minyak dan gas biasanya didasarkan pada pencitraan gas optik (optical gas imaging [OGI]) atau penggunaan survei sniffer Metode 21 EPA. OGI dioperasikan oleh tenaga operator terlatih yang dilengkapi dengan kamera inframerah untuk dapat mengamati titik-titik kebocoran potensial, seperti pada katup atau flensa dalam sebuah fasilitas, untuk menentukan apakah terdapat kebocoran. Survei sniffer Metode 21 EPA dilakukan oleh tenaga operator yang melakukan pembacaan deteksi pada setiap antarmuka kebocoran potensial. Pembacaan di atas ambang batas yang ditentukan, misalnya 500 ppm, akan menunjukkan adanya kebocoran. Baik pengoperasian OGI maupun Metode 21 bersifat padat karya dan memerlukan pelatihan khusus untuk diterapkan.

**Teknologi yang sedang berkembang dan teknologi canggih.** Perkembangan terkini telah memperluas jenis teknologi yang tersedia untuk mendeteksi dan mengukur emisi metana. Teknologi canggih ini mencakup (1) sensor yang menangkap emisi metana di sejumlah lokasi, yang dapat dipasang di satelit, pesawat terbang, drone, atau kendaraan dan (2) sensor yang dipasang secara permanen di satu lokasi untuk menyediakan pemantauan yang nyaris tak terputus atas konsentrasi metana. Ada kelebihan dan kekurangan untuk setiap jenis pendekatan. Beberapa metode memerlukan aktivitas tindak lanjut oleh operator untuk mengidentifikasi penyebab deteksi metana dan menentukan langkah perbaikan.

**Pemantauan proses secara terus-menerus dan digitalisasi.** Meskipun masih dalam tahap awal, menggabungkan sensor pemantauan terus-menerus dengan digitalisasi sistem kontrol proses milik operator adalah sangat menjanjikan untuk upaya pengurangan emisi di masa depan. Menggabungkan data-data ini dapat menghubungkan data metana secara langsung (real-time) dengan informasi mengenai aktivitas proses dan membantu mengidentifikasi peristiwa emisi yang terkait dengan kegagalan proses atau masalah pemeliharaan.<sup>95</sup>

**Pendekatan berjenjang.** Menggabungkan berbagai jenis teknologi pemantauan—termasuk survei instrumen reguler, survei udara dan satelit, serta pemantauan terus-menerus—dapat meningkatkan kemampuan operator dalam mendeteksi, memitigasi, dan mencegah emisi. Teknologi yang berbeda-beda merupakan cara terbaik untuk mendeteksi berbagai jenis emisi. Dengan demikian, sistem pemantauan berjenjang memanfaatkan kemampuan yang saling melengkapi dari berbagai metode dan menghindari beberapa keterbatasan masing-masing teknologi.



## Studi Kasus: Pemantauan Emisi Berskala melalui Pesawat Terbang

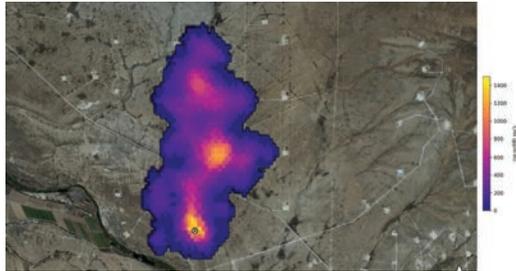
Di beberapa negara, industri minyak dan gas mempunyai fasilitas yang banyak dan tersebar secara geografis. Pemeriksaan metana berbasis pesawat dapat mendeteksi area dalam skala ratusan atau ribuan lokasi per hari dan semakin banyak diadopsi oleh para operator. Ada perbedaan kinerja di antara teknologi-teknologi yang berbeda, di mana batas deteksi metana berkisar antara 3-50 kg/jam dan dengan ketepatan geolokasi mulai dari level peralatan hingga level lokasi untuk emisi yang terdeteksi. Teknologi berbasis pesawat terbang dapat memungkinkan identifikasi sumber emisi utama secara relatif cepat di wilayah geografis yang luas. Namun, terdapat tarik-ulur untung rugi antar penyedia layanan, yakni antara jumlah lokasi yang dideteksi dan level deteksinya.

Vendor bisa memerlukan sejumlah klien besar utama untuk menutup biaya operasi pemantauan dan izin dari otoritas penerbangan terkait untuk dapat terbang di wilayah baru. Di lapangan, operator sering kali harus siap sedia untuk menindaklanjuti emisi deteksi dengan solusi konfirmasi seperti OGI atau jenis informasi operasional lainnya untuk memahami sumber yang terdeteksi dan opsi mitigasi yang tersedia.

Tabel 9.1: Deteksi sampel dari berbagai teknologi pemantauan.

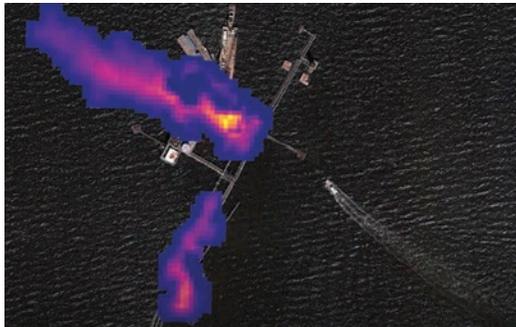
Pemantauan Episodik

Satelit



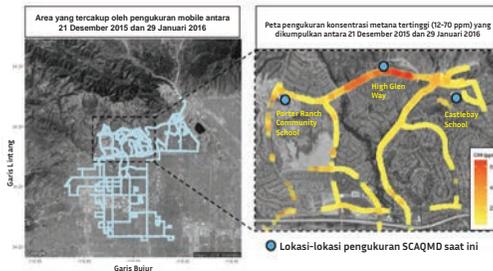
Sumber: NASA/JPL-CalTech

Udara



Sumber: Carbon Mapper

Mobil



Sumber: South Coast Air Quality Management District, Negara Bagian California<sup>96</sup>

## Pemantauan Episodik

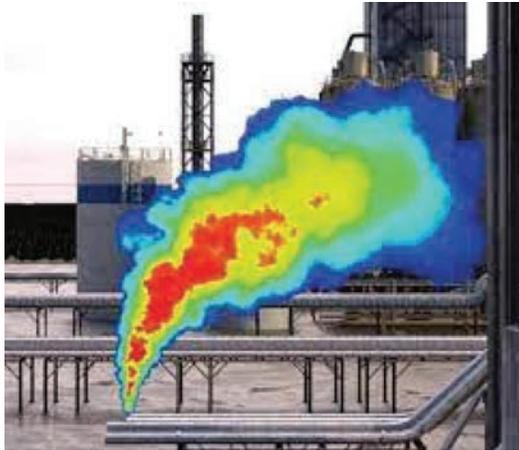
Kamera genggam



Sumber: U.S. EPA<sup>97</sup>

## Pemantauan Terus-menerus

Kamera tetap



Sumber: Honeywell

Sensor tetap



Sumber: Honeywell<sup>98</sup>

# Perlunya Pemantauan untuk Mendukung Kerangka Regulasi

Sebagaimana dibahas lebih rinci di *Bab 5: Deteksi Kebocoran dan Perbaikan*, sebagian besar regulasi saat ini untuk program LDAR telah mengadopsi pendekatan preskriptif yang memerlukan pemantauan dengan instrumen, namun umumnya tidak memerlukan pengukuran aktif. Misalnya, LDAR memerlukan teknologi deteksi seperti kamera OGI atau Metode EPA 21. Namun, LDAR umumnya tidak memerlukan teknologi yang dapat mengukur besarnya kebocoran yang terdeteksi.

Regulasi berbasis kinerja dan ekonomi biasanya memerlukan sistem pengukuran dan pelaporan yang kuat berdasarkan pemantauan dan pengukuran aktif. Meskipun langkah-langkah ekonomi merupakan hal yang lazim dalam bidang lingkungan hidup secara umum, hanya sedikit yang mencakup metana. Undang-Undang Pengurangan Inflasi AS<sup>99</sup> tahun 2022 menetapkan biaya emisi limbah metana atas emisi metana yang melebihi ambang batas intensitas emisi untuk segmen tertentu di sektor minyak dan gas. Ada juga sedikit contoh mengenai penggabungan metana ke dalam skema penetapan harga Gas Rumah Kaca (GRK). Norwegia menerapkan pajak atas emisi CO<sub>2</sub> dan metana<sup>100</sup> pada emisi minyak dan gas lepas pantai. Proyek pengurangan metana juga memenuhi syarat untuk mendapatkan kredit karbon dalam beberapa situasi, termasuk dalam sistem pembatasan dan perdagangan California dan beberapa proyek yang disertifikasi berdasarkan Mekanisme Pembangunan Bersih Protokol Kyoto (Kyoto Protocol Clean Development Mechanism [CDM]).

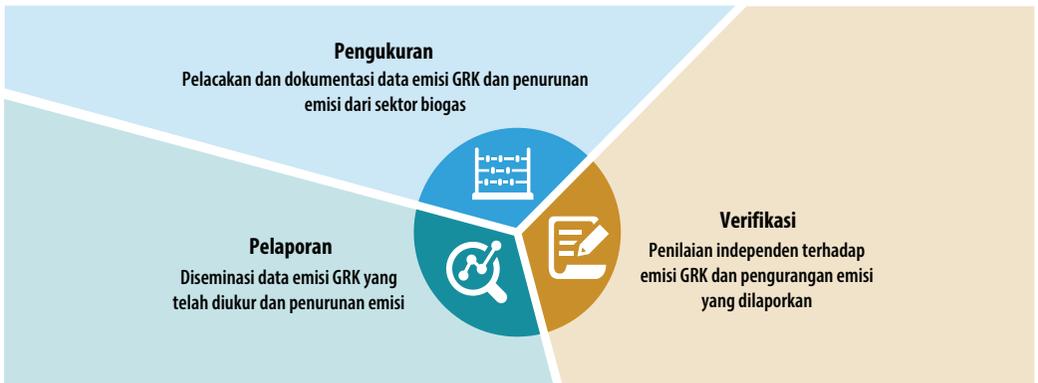
Beberapa ketentuan ekonomi atau kinerja didasarkan pada pengukuran proksi yang diasumsikan berkorelasi dengan emisi. Massachusetts mengeluarkan regulasi untuk mengurangi emisi metana dari jalur distribusi gas melalui persyaratan kinerja untuk setiap perusahaan, di mana emisi diperkirakan

berdasarkan faktor emisi untuk berbagai bahan pipa yang ditentukan dalam undang-undang.<sup>101</sup>

Seiring kemajuan teknologi yang pesat, regulator harus mempertimbangkan apakah langkah-langkah regulasi saat ini mencakup persyaratan yang akan meningkatkan data dan pelaporan, yang dapat menjadi landasan bagi regulasi yang berbasis ekonomi atau kinerja yang lebih efisien.<sup>102</sup>

## Pertimbangan untuk Protokol Pemantauan, Pelaporan, dan Verifikasi

Pemantauan, Pelaporan, dan Verifikasi sering kali disingkat bersamaan sebagai "MRV" (Monitoring, Reporting, Verification), padahal masing-masing mempunyai arti tersendiri. Pemantauan adalah pembuatan data melalui pengukuran emisi. Pelaporan adalah penyebaran data tersebut. Verifikasi merupakan penilaian independen atas data emisi tersebut. Inisiatif Metana Global memiliki ringkasan MRV yang sangat bagus (yang mereka sebut sebagai Pengukuran, Pelaporan, dan Verifikasi), termasuk visual berikut:<sup>103</sup>



**Profil biaya.** Teknologi yang menyediakan pemeriksaan emisi secara berkala cenderung memiliki profil biaya yang berbeda. Survei OGI dan drone sering kali memiliki komponen modal dan biaya operasional yang harus dibayar oleh operator. Di saat yang sama, opsi pesawat terbang dan satelit komersial biasanya beroperasi berdasarkan biaya layanan per lokasi, di mana seluruh biaya dimasukkan ke dalam biaya layanan. Teknologi yang dapat dipasang secara permanen namun menyediakan pemantauan yang hampir terus-menerus (misalnya kamera) mungkin memerlukan investasi modal awal dari perusahaan.

**Efektivitas.** Frekuensi inspeksi (tahunan, triwulanan, dll.) memengaruhi potensi penurunan emisi dari sebuah program LDAR. Selain itu, survei LDAR terutama berguna dalam mendeteksi emisi yang terkait dengan peralatan yang rusak atau tidak berfungsi. Bahkan survei deteksi kebocoran yang sering dilakukan mungkin tidak menangkap buangan gas yang terkait dengan kegagalan proses. Meskipun teknologi ini belum banyak digunakan, pemantauan terus-menerus mungkin lebih efektif dalam mendeteksi kejadian emisi semacam ini.

**Hambatan regulasi.** Beberapa negara telah melarang penggunaan pesawat nirawak (drone) oleh pihak swasta dan penggunaan citra satelit oleh non-pemerintah, dan menetapkan zona larangan terbang di sekitar infrastruktur penting. Pelarangan ini dapat menghalangi penggunaan teknologi tertentu untuk mendeteksi emisi metana, sehingga membatasi jumlah opsi pendeteksian yang tersedia bagi operator dan menghambat penerapan teknologi baru.

**Perlunya pelatihan.** Teknologi pemantauan tertentu memerlukan pelatihan dan pengalaman khusus untuk menjalankannya. Penelitian telah menunjukkan bahwa pengalaman adalah sangat penting untuk mengasah kemampuan teknisi dalam mendeteksi kebocoran ketika melaksanakan operasi LDAR.<sup>104</sup>

**Independensi surveyor.** Beberapa program LDAR memungkinkan operator untuk dapat memutuskan apakah akan memakai jasa staf internal atau kontraktor survei. Beberapa pemangku

kepentingan percaya bahwa surveyor yang bukan bagian dari operator akan mempunyai dorongan yang lebih besar untuk menemukan dan mendokumentasikan kebocoran dibandingkan dengan pihak internal yang menyadari besarnya biaya perbaikan.

## Dukungan yang Tersedia untuk Pemerintah

Banyak organisasi siap membantu pemerintah dalam mendeteksi dan memperkirakan tingkat emisi dengan menggunakan berbagai pilihan teknologi.

Program Sains Metana CCAC dapat memberikan informasi studi satu-kali di wilayah-wilayah minyak dan gas menggunakan survei pesawat yang dikoordinasikan oleh Dana Pertahanan Lingkungan. Program ini biasanya memberikan gambaran total tingkat emisi di suatu wilayah tertentu selama beberapa hari. Namun, hal ini mungkin tidak memberikan informasi yang diperlukan untuk memahami mengapa tingkat emisi berbeda dari yang diperkirakan.

Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (United Nations Environment Program [UNEP]) menggunakan program Sistem Peringatan dan Respons Metana (Methane Alert and Response System [MARS]) untuk mengumpulkan informasi seputar deteksi metana dalam jumlah besar dari satelit publik yang ada sehingga dapat mendeteksi penghasil emisi dalam jumlah tinggi. Teknologi satelit yang ada saat ini dapat mendeteksi wilayah daratan yang datar yang berada di garis lintang tengah<sup>105</sup> secara lebih baik dibandingkan aset lepas pantai atau wilayah khatulistiwa atau kutub.

Misi satelit di masa depan yang didanai amal yang dipimpin Dana Pertahanan Lingkungan (MethaneSAT) dan Carbon Mapper dapat meningkatkan jumlah satelit sumber terbuka (open-source) yang memantau emisi metana dari wilayah-wilayah

penting (dengan meningkatkan frekuensi observasi) dan meningkatkan perincian spasial, batas deteksi, dan kemampuan untuk memantau aset lepas pantai. Data dari satelit-satelit ini akan dipublikasikan untuk umum ke portal internet untuk digunakan oleh berbagai pemangku kepentingan.



### **Studi Kasus: Sistem Peringatan dan Respons Metana (Methane Alert and Response System [MARS])**

Observatorium Emisi Metana Internasional (International Methane Emissions Observatory [IMEO]) milik UNEP meluncurkan Sistem Peringatan dan Respons Metana (Methane Alert and Response System [MARS]), yakni sistem global pertama yang menyediakan data yang dapat ditindaklanjuti dan transparan tentang emisi metana dari satelit secara hampir real-time. MARS dirancang untuk mempercepat pengurangan emisi metana (termasuk mendukung Ikrar Metana Global) dengan mendeteksi sumber besar emisi metana antropogenik menggunakan data satelit, memberi tahu pemangku kepentingan terkait, menilai dan memitigasi kejadian emisi tertentu, dan melacak kejadian, termasuk membagikan data untuk publik.

MARS memanfaatkan data satelit canggih untuk dengan cepat mengidentifikasi peristiwa emisi besar, memberi tahu dan mengikutsertakan beberapa negara dan para operator, mendukung mitigasi, dan melacak kemajuan dari waktu ke waktu. Meskipun model operasional penuhnya masih dalam tahap pengembangan, pada saat penulisan buku ini, tahap awal MARS akan fokus pada deteksi dan atribusi peristiwa emisi tertentu di sektor energi dan kemudian berupaya

mengidentifikasi dan memberi tahu para pemangku kepentingan terkait yang terdiri atas pihak pemerintah dan perusahaan-perusahaan yang telah bergabung dalam Kemitraan Metana Minyak dan Gas 2.0 (OGMP 2.0) IMEO. Masing-masing negara dapat menunjuk narahubung untuk menerima pemberitahuan dari UNEP yang mencakup informasi relevan untuk memungkinkan mitigasi dan diminta untuk berbagi informasi mengenai tindakan yang diambil. Setelah beroperasi penuh, UNEP bermaksud untuk membuka data dan analisis deteksi spesifik melalui MARS dan respons pemerintah serta operator kepada publik antara 45 dan 75 hari setelah adanya deteksi. Dampak akhir dari program MARS mungkin bergantung pada pendanaan yang tersedia untuk observasi satelit berkelanjutan dan penyampaian informasi yang dapat ditindaklanjuti untuk memandu notifikasi, penilaian, dan mitigasi penghasil emisi dalam jumlah tinggi (super-emitter).



# Berbagai sumber Daya yang Berguna

The International Methane Emissions Observatory

<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action>

Program PBB ini “merangsang pengumpulan, harmonisasi, dan integrasi data empiris emisi metana yang hampir real-time untuk memberikan transparansi iklim yang tak pernah ada sebelumnya dan informasi yang diperlukan untuk mengurangi gas rumah kaca yang sangat kuat ini.”

Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

Carbon Mapper adalah inisiatif nirlaba, bekerja sama dengan California dan Jet Propulsion Laboratory NASA, yang berupaya “menawarkan layanan deteksi kebocoran metana secara cepat kepada operator fasilitas dan regulator” melalui teknologi penginderaan jauh. Mereka bermaksud meluncurkan dua satelit pada tahun 2023 untuk menyediakan akses luas terhadap data ini.

MetanSAT

<https://www.methanesat.org/>

Inisiatif dari Dana Pertahanan Lingkungan ini berencana meluncurkan satelit pada awal tahun 2024. Mereka berjanji untuk mengidentifikasi semburan metana dalam jumlah besar “hampir di mana pun di bumi,” dan menyatakan bahwa “mengurangi emisi metana dari minyak dan gas adalah hal tercepat dan paling berdampak yang dapat kita lakukan untuk memperlambat laju pemanasan saat ini.”



## Climate Trace

<https://climatetrace.org/>

Kemitraan ini menyediakan data terbuka dan gratis mengenai emisi yang diketahui dan yang diperkirakan, termasuk metana. Data ini memberikan gambaran umum dan langsung kepada yurisdiksi mengenai profil emisi metana mereka.

## NASA EMIT

<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/>

Dengan menggunakan instrumen yang dipasang di Stasiun Luar Angkasa Internasional, NASA memetakan gumpalan metana yang signifikan dengan cakupan global yang terbatas. Alat ini dapat mengidentifikasi beberapa kepulan asap di suatu yurisdiksi namun tidak lengkap atau sering diperbarui.

## TROPOMI

<https://www.tropomi.eu/data-products/methane>

TROPOMI adalah instrumen di satelit Copernicus Sentinel-5 Precursor, yang diadakan oleh Badan Antariksa Eropa, yang menyediakan data metana.

Satellite Point Source Emissions Completeness Tool (SPECT) (Rocky Mountain Institute)

<https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/>

Alat SPECT dirancang untuk membantu pengguna membandingkan seberapa lengkap satelit melakukan "identifikasi dan pelacakan penghasil emisi metana dalam jumlah tinggi".

Inisiatif Metana Global 2023: Sumber Daya Sektor Minyak dan Gas. <https://www.globalmethane.org/oil-gas/index.aspx>

Banyak teknologi baru menawarkan berbagai jenis deteksi emisi. Beberapa sumber daya, termasuk GTI Energy,<sup>106</sup> kolaborasi anggota IPIECA, OGCI, dan IOGP<sup>107</sup>, serta pengalaman khusus perusahaan (seperti Chevron)<sup>108</sup> memberikan informasi tentang jenis teknologi yang tersedia dan kekurangannya.

# 10. Memastikan Kepatuhan

---

## Sejumlah Poin Penting

- Sistem kepatuhan terhadap regulasi tentang pengurangan metana dapat meliputi hukuman dan imbalan.
- Sistem kepatuhan terhadap regulasi juga dapat mencakup berbagai jenis pemantauan, pelaporan, dan struktur pertanggungjawaban publik untuk membuat kinerja operator lebih dapat dilaksanakan secara mandiri, sehingga regulator tidak harus bergantung hanya pada penegakan hukum.
- Oleh karena itu, dalam merancang program kepatuhan terhadap regulasi, regulator dapat memanfaatkan banyak pilihan.
- Tindakan penegakan hukum mendorong kepatuhan dan terwujudnya keadilan pasar dengan memberikan ancaman penegakan hukum yang kredibel atas pelanggaran; program transparansi yang dibangun berdasarkan pemantauan dan pelaporan wajib juga memiliki fungsi serupa.

Pendekatan tradisional terhadap kepatuhan pada regulasi dapat meliputi hukuman sebagai pencegahan terhadap pelanggaran dan insentif untuk memberi penghargaan kepada mereka yang mematuhi ketentuan regulasi. Pendekatan hukuman dan imbalan (stick-and-carrot) ini merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan regulator dalam merancang dan melaksanakan program kepatuhan.

Efektivitas pemberian hukuman dan insentif sangat erat kaitannya dengan kekuatan sistem penegakan hukum yang mendasari regulasi tersebut. Jika penegakan hukum dilakukan secara konsisten dan dapat diprediksi, maka operator akan cenderung mengambil tindakan yang menjalankan kepatuhan dan menghindari tindakan yang memicu pelanggaran. Barangkali jumlah sumber metana yang potensial akan jauh melampaui sumber daya penegakan hukum yang ada, sehingga program pengurangan metana yang efektif tidak boleh hanya bergantung pada penegakan hukum saja. Regulator

dapat memberi insentif kepada operator untuk mengurangi emisi melalui peraturan yang mewajibkan pemantauan, pelaporan elektronik, penggunaan kemampuan pemantauan pihak ketiga untuk mengidentifikasi peristiwa emisi besar, pertanggungjawaban publik, penggunaan otomatisasi jika memungkinkan, dan penggunaan peralatan tanpa kesalahan.



**Pembangunan kesadaran dan promosi kepatuhan**



**Audit atau sertifikasi pihak ketiga**



**Kewajiban memberitahu**



**Kewajiban pelaporan dan pencatatan**



**Verifikasi kepatuhan, mis. melalui inspeksi, survei garis pagar, penginderaan jauh**



**Penegakan hukum atas pelanggaran**

Gambar 10.1: Ikon yang mewakili aktivitas kepatuhan pengurangan metana.

## Mengomunikasikan Harapan

Aspek penting dari rezim kepatuhan yang efektif adalah kejelasan dan luasnya penyuluhan regulator kepada pelaku pasar yang diatur.

Untuk kejelasan, pihak regulator dapat mengadopsi pendekatan berlapis di mana persyaratan rinci diatur dalam regulasi, arahan operasional mengenai implementasi regulasi disampaikan melalui panduan, dan penjelasan lebih lanjut disampaikan melalui media, pelatihan, dan pembelajaran dari rekan sejawat.

Cakupan kampanye penyuluhan dari pihak regulator seharusnya berusaha untuk tidak hanya menjangkau pelaku utama dalam sektor minyak dan gas, seperti operator lapangan dan fasilitas, tetapi juga pelaku penting lainnya, seperti subkontraktor, layanan pemantauan, firma audit/akuntansi, dan sebagainya. Dengan menargetkan pemahaman yang luas tentang ketentuan regulasi di kalangan industri ini, disertai dengan aturan yang memaksa pelaku yang berkinerja buruk untuk menghadapi pengawasan dan pertanggungjawaban publik, maka regulator dapat membangun budaya kepatuhan yang dapat memperkuat dirinya sendiri di mana para pelaku saling mendorong untuk bertindak secara tepat.

## **Memverifikasi Kepatuhan**

Deteksi pelanggaran merupakan komponen penting dari sistem jaminan kepatuhan yang efektif. Selain penegakan hukum, regulasi dapat menetapkan kriteria pengaturan mandiri bagi perusahaan. Regulasi pengurangan metana juga dapat mencakup proses partisipasi masyarakat. Namun, terdapat beberapa pilihan dalam menentukan peran apakah pemerintah pusat, pemerintah daerah/lokal, ataukah sub-kontraktor yang akan melakukan pengawasan. Kewenangan yang jelas terhadap kegiatan-kegiatan tersebut dapat menciptakan kepastian yang lebih besar dan mengurangi risiko litigasi.

## **Memberi Insentif pada Pengaturan Mandiri**

Meskipun seandainya berlawanan dengan intuisi, pengalaman di banyak pasar di seluruh dunia menunjukkan bahwa perusahaan dapat memberi respons positif terhadap insentif yang mendorong mereka untuk secara sukarela mengakui kesalahannya. Misalnya, regulator dapat berkomitmen untuk memberikan sanksi lebih ringan terhadap pelanggaran yang diidentifikasi dan segera dilaporkan dan segera diperbaiki oleh perusahaan, dibandingkan pelanggaran yang tidak dilaporkan.<sup>109</sup> Operator dengan catatan kepatuhan yang baik dapat diberi perlakuan pajak yang menguntungkan, kredit

karbon, atau peningkatan harga. Selain mengalihkan sebagian biaya pengawasan kepada perusahaan, strategi ini juga mendorong operator untuk bertindak cepat guna membatasi dampak pelanggarannya ketimbang menunggu intervensi regulator.

### **Strategi Kepatuhan dan Pemantauan**

Ada banyak pendekatan pemantauan untuk pengaturan metana. Sebuah program yang efektif dapat memanfaatkan semua pendekatan tersebut.

**Pemantauan diri.** Mewajibkan perusahaan untuk memantau emisinya sendiri akan mencapai dua hal sekaligus: perusahaan mengetahui berapa emisi yang mereka hasilkan (yang merupakan langkah awal untuk mengurangnya), dan mereka tahu bahwa pemerintah (dan juga masyarakat) juga mengetahui tentang emisi tersebut.

**Inspeksi** harus dipahami sebagai tindakan pemerintah untuk memverifikasi kepatuhan. Regulasi dapat menetapkan ketentuan inspeksi, seperti memeriksa catatan sertifikasi, mengambil sampel, dan mewawancarai personel perusahaan, untuk menentukan kepatuhan. Karena jumlah sumber emisi biasanya jauh lebih banyak daripada yang dapat diperiksa oleh pemerintah, inspeksi harus difokuskan pada berbagai sumber yang menurut target data merupakan sumber yang paling banyak melakukan pelanggaran.

**Pemantauan emisi oleh pihak ketiga.** Saat ini terdapat banyak perusahaan yang mampu memantau emisi metana dari satelit dan penerbangan udara (aerial overflight) serta memberikan perhatian yang diperlukan terhadap peristiwa emisi terbesar. Pemerintah dapat memanfaatkan keahlian tersebut dengan mengintegrasikan data pihak ketiga ke dalam program pemerintah. Jika pihak ketiga mengidentifikasi peristiwa emisi besar, dan pemerintah mengharuskan perusahaan mengambil tindakan untuk mengatasinya, maka kemampuan eksternal dapat digabungkan dengan wewenang pemerintah untuk mengurangi emisi besar.

**Audit oleh Pihak Ketiga** (berbeda dari pemantauan emisi oleh pihak ketiga yang dibahas di atas) mengikutsertakan organisasi independen atau spesialis untuk menilai akurasi informasi yang diberikan oleh operator minyak dan gas kepada regulator. Dukungan seperti ini dapat bermanfaat ketika regulator nasional belum mempunyai kapasitas auditnya sendiri. Namun, ini masih mengharuskan regulator untuk mengelola sertifikasi dan memastikan independensi auditor pihak ketiga tersebut. Sebagai contoh, auditor pihak ketiga harus dinilai untuk memeriksa adanya potensi konflik kepentingan dan untuk memastikan ia memiliki kompetensi yang diperlukan untuk melakukan audit kepatuhan lingkungan. Salah satu pilihan yang terbukti dapat meningkatkan independensi dan akurasi audit pihak ketiga adalah dengan menugaskan auditor secara acak dari sekelompok auditor yang disetujui. Yang penting, penentu kepatuhan tetap regulator dan audit pihak ketiga harus ditinjau secara cermat agar ada peluang untuk mendapat masukan dari operator. Argentina dan Meksiko mewajibkan auditor pihak ketiga untuk memverifikasi laporan perusahaan.<sup>110</sup>

**Survei Garis Pagar (Fence-line Surveys)** memungkinkan inspeksi jarak jauh dalam kondisi di mana inspeksi di lokasi sulit dilakukan. Instrumen pengukuran berbasis darat atau udara dapat mendeteksi potensi emisi metana di lokasi. Pihak ketiga juga dapat melakukan penginderaan jauh untuk mengidentifikasi peristiwa emisi besar. Hasil survei tersebut mungkin menunjukkan perlunya tindak lanjut dengan operator atau inspeksi di lokasi.

**Pengukuran pelaporan elektronik** dan laporan kepatuhan lainnya dapat secara dramatis meningkatkan efisiensi upaya kepatuhan, dan memungkinkan transparansi yang lebih besar, yang mana ini merupakan strategi kunci penggerak kepatuhan. Alat digital dapat mengurangi beban dokumen kepatuhan, terutama untuk operasi besar yang menghasilkan data dalam jumlah besar. Menggabungkan otomatisasi dan kecerdasan buatan akan mengurangi kesalahan dalam pelaporan dan

mempercepat identifikasi peluang untuk meningkatkan kepatuhan dan identifikasi potensi pelanggaran.

Pemerintah mempunyai banyak pilihan terkait beragam strategi pengawasan untuk mendorong kepatuhan.

**Inspeksi** harus dipahami sebagai tindakan pemerintah untuk memverifikasi kepatuhan. Regulasi dapat menetapkan ketentuan inspeksi, seperti memeriksa catatan sertifikasi, mengambil sampel, dan mewawancarai personel perusahaan untuk menentukan kepatuhan.

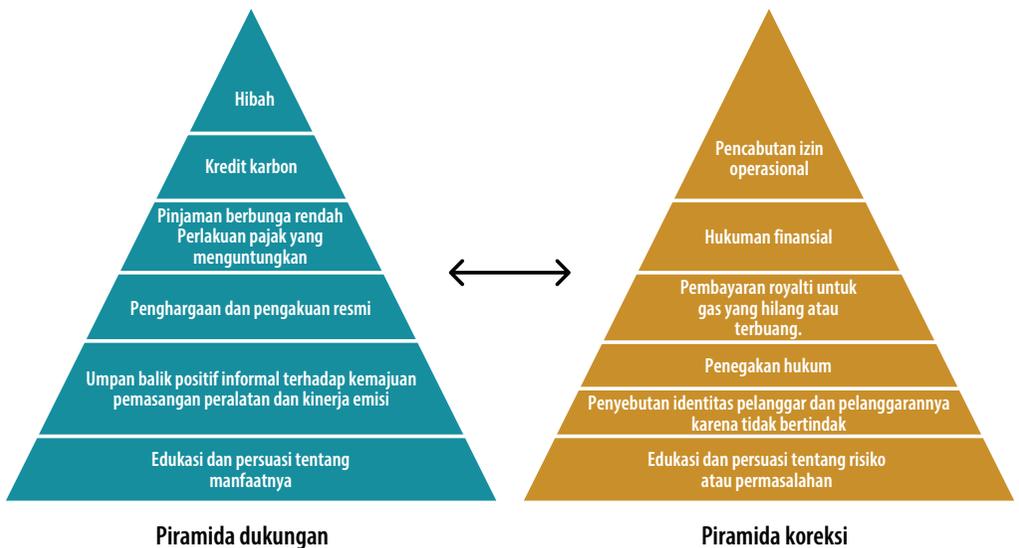
**Audit oleh Pihak Ketiga** mengikutsertakan organisasi independen atau spesialis untuk menilai akurasi informasi yang diberikan oleh operator minyak dan gas kepada regulator. Dukungan seperti ini dapat bermanfaat ketika regulator nasional belum mempunyai kapasitas auditnya sendiri. Namun, ini masih mengharuskan regulator untuk mengelola sertifikasi dan memastikan independensi auditor pihak ketiga tersebut. Misalnya, auditor pihak ketiga harus dinilai untuk mengetahui adanya konflik kepentingan dan untuk memastikan ia memiliki kompetensi yang diperlukan untuk melakukan audit kepatuhan lingkungan. Yang penting, penentu kepatuhan tetap regulator dan audit pihak ketiga harus ditinjau secara cermat dan bisa mendapat masukan dari operator. Argentina dan Meksiko mewajibkan auditor pihak ketiga memverifikasi laporan perusahaan.

**Survei Garis Pagar (Fence-line Surveys)** memungkinkan inspeksi jarak jauh dalam kondisi di mana inspeksi di lokasi sulit dilakukan. Instrumen pengukuran berbasis darat atau udara dapat mendeteksi potensi emisi metana di lokasi. Hasil survei tersebut mungkin menunjukkan perlunya tindak lanjut dengan operator atau inspeksi di lokasi.

**Digitalisasi** mekanisme pengukuran dan pelaporan dapat meningkatkan efisiensi upaya kepatuhan. Alat digital dapat mengurangi beban dokumen kepatuhan, terutama untuk operasi besar yang menghasilkan data dalam jumlah besar. Menggabungkan otomatisasi dan kecerdasan buatan akan

mengurangi kesalahan dalam pelaporan dan mempercepat identifikasi peluang untuk meningkatkan kepatuhan dan identifikasi potensi pelanggaran.

Pemerintah mempunyai banyak pilihan, baik yang bersifat ‘wortel’ maupun ‘tongkat’: insentif dan hukumannya. Opsi-opsi ini saling berpijak seperti piramida, seperti yang diilustrasikan di bawah.



Gambar 10.2: Piramida dukungan dan piramida koreksi

Untuk meningkatkan efisiensi dan mengikuti laju perubahan teknologi yang semakin cepat, regulator di berbagai yurisdiksi dapat mengadopsi **pendekatan penilaian ekuivalensi (equivalency assessment approach)**.<sup>111</sup> Pendekatan ini memungkinkan regulator untuk memahami dan menyetujui usulan alternatif dari operator terkait peralatan dan/atau

praktik mitigasi metana yang diwajibkan oleh regulasi (misalnya, terkait LDAR) tanpa mengorbankan manfaat lingkungan.

## Penegakan Hukum

Tindakan penegakan hukum mendorong kepatuhan dan terwujudnya keadilan pasar dengan memberikan ancaman yang kredibel mengenai tindakan yang tepat atas pelanggaran. Instansi pemerintah yang bertanggung jawab untuk menegakkan regulasi pengurangan metana memerlukan kewenangan hukum yang jelas untuk meningkatkan kredibilitas upaya penegakan hukumnya. Hal ini mencakup kewenangan untuk melakukan inspeksi dan penegakan hukum, dengan kewenangan untuk menerapkan serangkaian tindakan yang tepat untuk mendorong kepatuhan.

Surat peringatan dapat memberi tahu perusahaan tentang pelanggaran yang ditemukan dan mencantumkan langkah-langkah khusus untuk mematuhi peraturan. Surat peringatan memungkinkan regulator berinteraksi dengan perusahaan untuk memperbaiki pelanggaran dan mematuhi peraturan dengan cara yang kooperatif. Tindakan penegakan hukum secara formal dapat dibatasi pada situasi di mana surat peringatan tidak menghasilkan kepatuhan.

Pada awal tindakan penegakan hukum secara formal, penting untuk menilai dimensi pelanggaran berdasarkan banyak faktor, di antaranya:

- Kerugian aktual atau potensial.
- Besarnya penyimpangan dari ketentuan.
- Riwayat kepatuhan pelanggar.
- Apakah pelanggaran tersebut diungkapkan sendiri atau ditemukan saat pemeriksaan.

Faktor-faktor ini juga dapat mempengaruhi besarnya hukuman perdata. Menentukan hukuman yang tepat juga dapat

dipengaruhi oleh tujuan umum untuk memastikan bahwa pelanggar tidak mendapatkan keuntungan finansial dari ketidakpatuhannya. Peluang utama untuk mendorong kinerja yang lebih baik melalui penegakan hukum adalah dengan mewajibkan perusahaan yang terbukti melakukan pelanggaran untuk mematuhi peraturan, namun juga mewajibkan mereka untuk mengurangi emisi mereka di masa depan, yaitu membuat lingkungan menjadi pulih dan membayar denda yang besarnya adalah sejumlah uang yang mereka hemat dari melakukan pelanggaran dan adalah cukup mahal untuk mencegah pelanggaran di masa depan.

Desain regulasi yang baik harus mencakup mekanisme di mana seorang operator dapat mengajukan banding atau menentang tindakan penegakan hukum, termasuk tindakan korektif dan denda. Kendala keuangan bukanlah alasan yang sah untuk tidak patuh; jika sebuah perusahaan menentukan bahwa suatu fasilitas tidak mampu untuk beroperasi sesuai peraturan, perusahaan tersebut dapat menghindari denda di masa depan dengan memilih untuk menutup fasilitas tersebut. Namun, di beberapa yurisdiksi, denda dapat dikurangi jika catatan keuangan resmi perusahaan mendokumentasikan ketidakmampuan perusahaan untuk membayar. Alternatifnya, perusahaan bisa diizinkan untuk mengajukan pembayaran secara angsuran selama waktu tertentu jika ia dapat membuktikan bahwa membayar denda akan menghambat pembayaran pengeluaran bisnis yang wajar dan perlu.

# Rencana Inspeksi

Bagian berikut menguraikan beberapa pertanyaan penting yang dapat digunakan regulator untuk mengembangkan rencana inspeksinya guna memastikan kepatuhan terhadap regulasi pengurangan metana.

Karena sumber daya inspeksi akan selalu terbatas, maka penting untuk mengutamakan inspeksi pada pelanggaran emisi yang paling berat, pelanggar berulang, dan perusahaan yang memiliki riwayat peristiwa emisi besar.

# Mengembangkan Rencana Inspeksi

## Tujuan

- Apa tujuan inspeksi?
- Apa yang ingin dicapai?

## Tugas

- Informasi apa yang akan ditinjau (misalnya izin, lisensi, regulasi, laporan inspeksi sebelumnya, dan informasi tentang riwayat kepatuhan)?
- Koordinasi apa yang diperlukan dengan personel pendeteksi, program lingkungan hidup lainnya, pengacara, atau lembaga pemerintah?

## Prosedur

- Proses dari fasilitas spesifik manakah yang akan diinspeksi?
- Apakah petugas inspeksi telah memperoleh hak masuk ke fasilitas tersebut?
- Apakah inspeksinya akan memerlukan prosedur khusus?
- Apakah rencana penjaminan mutu/pengendalian mutu telah dikembangkan dan diterapkan?
- Peralatan apa yang akan dibutuhkan?
- Apa tanggung jawab masing-masing anggota tim?

## Sumber daya

- Personel apa saja yang dibutuhkan?
- Apakah rencana keselamatan telah dikembangkan dan diterapkan?

## Jadwal

- Apa saja persyaratan waktu untuk perintah kegiatan inspeksi?
- Apa saja yang akan jadi prioritasnya? Apa saja yang sifatnya wajib dilakukan dan apa saja yang opsional? What must be done and what is optional to complete?



## Sumber Daya yang Berguna tentang Menjamin Kepatuhan

Jaringan Internasional untuk Kepatuhan dan Penegakan Lingkungan (International Network for Environmental Compliance and Enforcement [INECE]): Beberapa prinsip Penegakan Lingkungan yang Efektif. <https://inece.org/>

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (United States Environmental Protection Agency [EPA]): Kebijakan Tanggap Penegakan dan Kebijakan Audit EPA (Enforcement Response Policy and EPA Audit Policy). <https://www.epa.gov/enforcement/enforcement-policy-guidance-publications>

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (United States Environmental Protection Agency) 2022: Kepatuhan Generasi Selanjutnya. <https://www.epa.gov/compliance/next-generation-compliance>

# **11. Pembiayaan untuk Pengurangan Metana**

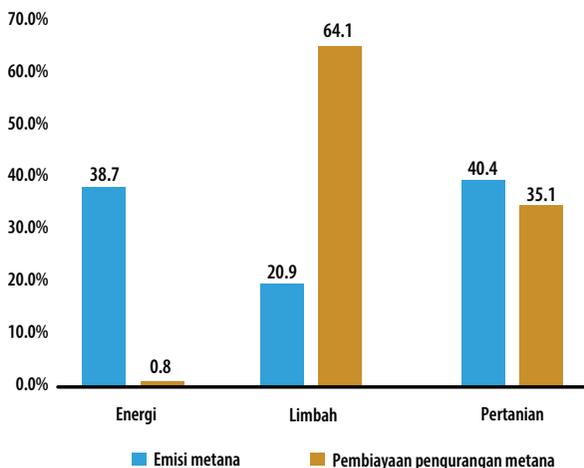
---

## Sejumlah Poin Penting

- Solusi metana memiliki salah satu manfaat pengurangan emisi tertinggi per dolar modal yang diinvestasikan, tetapi masih kekurangan dana secara global.
- Aliran dana yang memadai untuk pengurangan metana di sektor minyak dan gas diperlukan untuk membantu mengurangi emisi.
- Realisasi peluang metana memerlukan investasi dalam solusi teknis dan kegiatan yang memungkinkan. Pembiayaan yang tidak efektif untuk biaya lunak kepada pemerintah dapat menjadi hambatan yang signifikan dalam menerapkan solusi teknis.
- Sumber pembiayaan termasuk Lembaga Pembiayaan Pembangunan (Development Finance Institutions [DFI]), mekanisme pendanaan khusus iklim, dan Emiten Obligasi Hijau (Green Bond Issuers).
- Ikran Metana Global dapat berkontribusi pada integrasi pengurangan metana ke dalam arsitektur pendanaan iklim.
- Emisi metana merupakan salah satu bentuk limbah, tetapi dengan tidak adanya harga GRK, tidak semua sumber emisi dapat diatasi atau dicegah dengan biaya yang efektif bagi perusahaan.
- Beberapa perusahaan mungkin hanya akan secara sukarela memanfaatkan metana yang sebelumnya terbuang percuma yang memberikan peluang investasi yang paling menarik. Di banyak negara, pemerintah memerlukan regulasi untuk mendorong tindakan pengurangan metana.

Memanfaatkan peluang untuk mengurangi metana dari sektor minyak dan gas akan membutuhkan investasi yang signifikan. Meskipun 39 persen emisi metana berasal dari sektor energi, hanya 0,8 persen dari pembiayaan pengurangan metana yang diarahkan ke sektor energi. Untuk mengatasi kesenjangan pembiayaan ini, diperlukan kontribusi dari sektor swasta, pemerintah nasional, lembaga multilateral, dan dana pembiayaan iklim. Bab ini membahas berbagai sumber pendanaan ini, pendekatan mereka dalam membiayai pengurangan metana, dan studi-studi kasus yang

mengilustrasikan contoh-contoh praktis tentang bagaimana pembiayaan dapat mempercepat upaya pengurangan metana.



Gambar 11.1: Distribusi pembiayaan pengurangan dan distribusi emisi metana di seluruh sektor berdasarkan persentase.<sup>112,113</sup>

## Kesenjangan Pembiayaan

Serangkaian tindakan pengurangan metana masih kekurangan dana.<sup>114</sup> Berdasarkan Ikrar Metana Global, metana menyumbang 17 persen emisi GRK global yang berasal dari aktivitas manusia. Namun, metana hanya menerima kurang dari 2 persen dari total aliran dana iklim (~ USD 11 miliar pada tahun 2019/2020). Dibutuhkan lebih dari USD 100 miliar per tahun - setidaknya meningkat sepuluh kali lipat dari tingkat saat ini.<sup>115</sup> Sektor bahan bakar fosil, yang memiliki potensi tertinggi untuk mitigasi metana pada tahun 2030, telah menerima paling sedikit pendanaan pengurangan metana.

Menurut salah satu estimasi dari IEA, sekitar \$100 miliar total investasi diperlukan pada tahun 2030 untuk mencapai

pengurangan sekitar 75 persen di sektor energi.<sup>116</sup> Dengan mempertimbangkan manfaat dari pengurangan emisi metana di sektor minyak dan gas, kesenjangan pembiayaan ini merupakan tantangan yang sangat penting.

## Apa yang Perlu Dibiayai?

Mengurangi emisi metana membutuhkan investasi di bidang infrastruktur dan lingkungan yang mendukung untuk infrastruktur tersebut - kebijakan, undang-undang, peraturan, dan kontrak, termasuk struktur insentif dan hukuman, untuk mengurangi emisi metana.

**Infrastruktur.** Beragam tindakan pengurangan metana mencakup berbagai sumber yang sudah ada dan berbagai sumber emisi baru potensial. Meskipun masuk akal untuk menargetkan berbagai sumber besar dengan segera, pembiayaan juga diperlukan untuk menghindari timbulnya berbagai sumber emisi baru. Oleh karena itu, pembiayaan infrastruktur pengurangan metana dapat mencakup intervensi yang bertujuan untuk:

- Menghindari atau mencegah terjadinya emisi metana, misalnya dengan mendesain sesuai standar yang baru.
- Memanfaatkan metana: Sejumlah proyek yang menangkap gas ini kemudian menggunakan atau menyuntikkannya kembali.
- Mengurangi atau mereduksi tingkat emisi saat ini.

**Lingkungan yang mendukung.** Pembiayaan pengurangan metana mencakup bantuan teknis untuk membangun kapasitas. Sebagai contoh, mengembangkan pasar gas dalam negeri memerlukan bantuan teknis yang signifikan dan dapat berkontribusi pada pengurangan metana dalam proyek-proyek minyak.

## Sumber Pembiayaan

Pembiayaan untuk solusi pengurangan metana di sektor minyak dan gas dapat dilakukan secara spesifik untuk sektor tertentu atau sebagai bagian dari pembiayaan perubahan iklim nasional. Beberapa sumber utama untuk mendanai solusi pengurangan metana meliputi berikut ini:

**Lembaga Pembiayaan Pembangunan (DFI).** DFI berfokus pada pembangunan dan sangat aktif di pasar dengan akses terbatas ke pembiayaan swasta atau untuk proyek-proyek yang tidak memiliki dasar komersial yang kuat. DFI dapat menurunkan harga, memberikan pinjaman jangka panjang, menambah transparansi, dan menawarkan pertanggungjawaban bagi investor di berbagai tempat berisiko tinggi. DFI juga sering kali bersedia mengambil risiko teknis pada teknologi baru jika sejalan dengan tujuan kebijakan DFI, seperti memitigasi perubahan iklim. DFI memiliki tujuan yang mendukung tujuan pemerintah dan menyediakan pendanaan untuk proyek-proyek yang sesuai dengan mandat yang telah ditetapkan DFI. DFI biasanya menerapkan persyaratan lingkungan dan sosial yang komprehensif sebagai syarat memperoleh dukungan dari DFI.

**Dana iklim khusus.** Beberapa DFI mengelola dana iklim untuk mempromosikan penyebaran teknologi rendah karbon secara cepat, dengan fokus pada energi terbarukan. Sejumlah dana tersebut meliputi Dana Iklim Hijau (Green Climate Fund), Fasilitas Lingkungan Global (Global Environment Facility), Hub Metana Global (Global Methane Hub), dan Investasi Iklim (Climate Investment) Dana Teknologi Bersih (Clean Technology Fund) dan Dana Iklim Strategis (Strategic Climate Fund). Keuntungan utama dari sejumlah dana ini adalah kemampuannya untuk memberikan pinjaman di bawah suku bunga pasar (pembiayaan lunak). Pinjaman ini meningkatkan struktur modal investasi metana dengan mengurangi biaya pembiayaan. Beberapa dana ini juga memiliki kapasitas pinjaman dalam jumlah yang signifikan. Sebagai contoh, Global Methane Hub adalah organisasi filantropi yang menyediakan

pendanaan langsung untuk proyek-proyek pengurangan metana dan telah mengumpulkan lebih dari \$340 juta.

**Badan Kredit Ekspor (Export Credit Agencies [ECA]).** Pemerintah suatu negara membentuk ECA untuk mempromosikan ekspor barang dan jasanya. ECA mungkin dapat mendukung transaksi untuk solusi pengurangan metana, perangkat lunak, dan teknologi di mana transaksi tersebut mengikutsertakan impor dari pasar ECA. ECA menanggung transaksi melalui asuransi atau melalui jaminan pembayaran langsung, memberikan perlindungan risiko komersial dan politik. Ketika ECA ikut serta, eksportir kemungkinan akan menawarkan persyaratan bisnis yang lebih kompetitif. Selain itu, ECA dapat memberikan perlindungan yang tepat ketika pemberi pinjaman komersial lebih enggan menanggung risiko politik.

**Perusahaan minyak dan gas.** Beberapa perusahaan minyak dan gas dapat diberi insentif untuk membiayai sejumlah tindakan pengurangan metana ketika nilai pengurangan, dalam hal tambahan metana yang ditangkap atau penghindaran penalti regulasi, lebih besar daripada biaya. Sejumlah perusahaan minyak internasional telah mendedikasikan sebagian dari anggaran modal mereka untuk proyek-proyek yang akan mengurangi emisi GRK operasional mereka, termasuk emisi metana. Berbagai program ini disusun sedemikian rupa sehingga proyek-proyek pengurangan ini bisa bersaing untuk mendapatkan modal dengan mempertimbangkan peluang pengurangan GRK internal lainnya, tetapi tidak dengan penggunaan modal lainnya, seperti pengeboran sumur. Karena industri minyak dan gas sangat beragam, hal ini mungkin bukan merupakan pilihan untuk setiap perusahaan, wilayah atau peluang pengurangan metana.

**Perusahaan Minyak Nasional.** Di beberapa negara di mana PMN adalah peserta aktif di sektor minyak dan gas (sebagai operator atau mitra usaha patungan), PMN dapat menjadi sumber pendanaan untuk proyek-proyek pengurangan metana. PMN dapat mendukung proyek pengurangan metana baik sebagai investor, dengan mengalihkan sebagian dari keuntungan yang

ditahan, atau sebagai pemberi pinjaman, dengan mengalihkan dana yang seharusnya mengalir ke keuangan nasional. Bahkan ketika PMN tidak memiliki pendapatan yang diperlukan untuk mendukung pengurangan metana, pemerintah masih dapat memilih untuk menggunakan PMN sebagai titik fokus untuk memperoleh dukungan keuangan publik, baik melalui alokasi langsung dari anggaran pusat atau melalui peminjaman ulang di mana pemerintah meminjam dan meneruskan dana tersebut ke perusahaan.

**Bank-bank komersial dan dana ekuitas swasta.** Pemberi pinjaman seperti bank komersial dan dana ekuitas swasta akan mengevaluasi kelayakan komersial dari peluang investasi pengurangan metana sama seperti halnya investasi lainnya. Pemberi pinjaman ini mungkin tidak mempertimbangkan nilai manfaat terkait iklim seperti yang dilakukan DFI. Namun, banyak pemberi pinjaman yang memiliki tujuan ESG internal, termasuk pengurangan metana. Selain itu, jika manfaat pengurangan metana dapat dimonetisasi (misalnya, kredit karbon, potongan pajak, dll.), insentif keuangan ini akan diperhitungkan dalam evaluasi keekonomian proyek oleh pemberi pinjaman.

**Pendanaan pemerintah.** Beberapa pemerintah telah berhasil menggalang obligasi infrastruktur, termasuk obligasi hijau untuk proyek-proyek mitigasi perubahan iklim. Namun, sebagian besar dana publik terus mengalir ke program pengurangan metana di sektor pertanian. Beberapa pemerintah telah menetapkan mekanisme untuk mendanai proyek-proyek metana tertentu, seperti Canada's Orphan Well Program senilai CAD \$1,7 miliar untuk membantu membersihkan sumur-sumur minyak dan gas yang tidak aktif dan terbengkalai di Alberta, Saskatchewan, dan British Columbia.<sup>117</sup> Di banyak negara berkembang, opsi ini mungkin tidak tersedia, mengingat faktor komitmen belanja fiskal lain pemerintah, tingkat utang yang tinggi, dan prioritas pembangunan lainnya.

Tabel 11.1: Mekanisme pendanaan iklim dan lembaga keuangan tertentu

| <b>Lembaga Pembiayaan Pembangunan (DFI)</b> |   |
|---|---|
| DFI multilateral                            | Bank Dunia, Bank Pembangunan Asia, Bank Eropa untuk Rekonstruksi dan Pembangunan, Korporasi Keuangan Internasional                              |
| DFI Bilateral                               | CDC Group (Inggris), Swedfund (Swedia), Korporasi Pembiayaan Pembangunan Internasional (Amerika Serikat)  |
| DFI Nasional                                | Bank Pembangunan Cina, Grup Perbankan KfW (Jerman), bank Ekspor-Impor India   |
| DFI Subnasional                             | Dana Jaminan Buenos Aires, Lower Austria Guarantees and Investments, Badan Pembangunan Rio de Janeiro   |
| <b>Mekanisme Pendanaan Khusus Iklim</b>     |   |
| Dana Iklim Khusus Multilateral (UNFCCC)     | Dana Adaptasi UNFCCC, Dana Iklim Hijau, Dana Sejumlah Negara Kurang Berkembang, dan Fasilitas Lingkungan Global (GEF)                           |
| Dana Iklim Non-UNFCCC                       | Program Peningkatan Kapasitas Emisi Rendah UNDP, Inisiatif Efisiensi Energi Penerangan UNEP   |
| Dana Iklim Nasional (NCF)                   | Dana Perwalian Perubahan Iklim Indonesia, Dana Iklim Internasional Inggris, Dana Perwalian Perubahan Iklim Bangladesh, dan Inisiatif IKL Jerman |
| Filantropi                                  | Yayasan Rockefeller, Filantropi Bloomberg, Yayasan Energi, Yayasan Ford, Hub Metana Global  |

### Penerbit Obligasi Hijau

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Bank Pembangunan                 | Bank Eropa untuk Rekonstruksi dan Pembangunan, Bank Dunia, Bank Pembangunan Afrika, Bank Investasi Eropa            |
| Emiten sekuritas berbasis aset   | Fannie Mae, Credit Agricole CIB, Toyota   |
| Emiten perusahaan keuangan       | BNP Paribas, Bank of America, Bank of China, Morgan Stanley   |
| Entitas yang didukung pemerintah | Badan Konstruksi, Transportasi, dan Teknologi Kereta Api Jepang, Badan Pengembangan Energi Terbarukan India         |
| Emiten berdaulat                 | Republik Fiji, Pemerintah Federal Nigeria   |
| Emiten korporasi non-keuangan    | Canadian Solar, Tesla Energy, Beijing Enterprises Water Group   |
| Pemerintah daerah                | Pemerintah Metropolitan Tokyo (Jepang), Kota Gothenburg (Swedia), MTA New York (AS), Negara Bagian Connecticut (AS) |

## Tren dalam Pembiayaan

Saat ini terdapat beberapa tren di pasar keuangan global yang dapat menutup atau memperlebar kesenjangan pembiayaan untuk pengurangan metana. Pembiayaan untuk proyek pengurangan metana di industri minyak dan gas dapat meningkat jika manfaat dari proyek-proyek tersebut lebih menonjol. Namun, ada beberapa tantangan untuk investasi dalam pengurangan metana di sektor minyak dan gas, mengingat tujuan transisi energi dan perubahan iklim.

**Peran filantropi.** Dengan meningkatnya kesadaran akan peluang metana untuk berkontribusi terhadap tujuan lingkungan, ekonomi, energi, dan ketenagakerjaan, filantropi dapat memainkan peran yang lebih signifikan. Ikrar Metana Global dan inisiatif pembiayaan terkait dapat menjadi katalisator bagi

pihak-pihak lain untuk meningkatkan porsi metana dalam pendanaan iklim.

**Pembiayaan campuran.** Pendanaan swasta untuk kegiatan/proyek pengurangan metana 40 persen lebih besar daripada pendanaan publik, sangat kontras dengan intervensi perubahan iklim lainnya di mana pembiayaan publik memainkan peran penting. Campuran pendanaan publik, swasta, dan filantropi kemungkinan besar akan muncul.

**Kerja sama.** Jaringan pemerintah kota memanfaatkan skala ekonomi untuk melakukan kegiatan pro-iklim, seperti pengadaan teknologi secara kolektif di AS dan Nigeria. Peningkatan ini dapat diperluas ke solusi pengurangan metana (misalnya, solusi regional untuk memanfaatkan gas terkait untuk pembangkit listrik dan akses energi).

**Persyaratan ESG.** Investasi berbasis Lingkungan (Environmental), Sosial (Social), dan Tata Kelola (Governance) telah mendorong pemerintah, DFI, bank komersial, dan perusahaan swasta lainnya untuk menjauhi investasi sektor minyak dan gas. Pedoman ESG juga sedang dikembangkan untuk meningkatkan pelaporan perusahaan tentang bagaimana kegiatan mereka berdampak pada iklim. Sebagai contoh, Satuan Tugas Pengungkapan Keuangan Terkait Iklim (Task Force on Climate-Related Financial Disclosures) (2015) dan Dewan Standar Pengungkapan Iklim (Climate Disclosure Standards Board) (2007) merupakan upaya bersama antara pelaku swasta, bank sentral, dewan stabilitas keuangan, dan regulator nasional untuk mengembangkan standar ESG dan iklim yang konsisten dalam pelaporan perusahaan.

## **Peningkatan Pengawasan dalam Pembiayaan**

Menunjukkan bahwa pengurangan metana di sektor minyak dan gas akan memenuhi tujuan iklim dan ESG dapat membuka peluang untuk mendapatkan dana.

## Pembatasan Pinjaman Internasional untuk Proyek-Proyek Intensif Karbon

Pada tanggal 16 Agustus 2021, Departemen Keuangan AS mengeluarkan memo panduan kebijakan berjudul Panduan Energi Bahan Bakar Fosil untuk Bank Pembangunan Multilateral (Fossil Fuel Energy Guidance for Multilateral Development Banks [MDB]).<sup>118</sup> Fokus utama kebijakan ini adalah untuk mengumumkan penentangan Pemerintah AS terhadap “pembiayaan internasional untuk energi berbasis bahan bakar fosil yang intensif karbon”, khususnya bahwa AS akan menggunakan perannya sebagai anggota dewan di berbagai MDB untuk memberikan suara yang menentang proyek-proyek tersebut. Memo Departemen Keuangan tersebut merupakan yang terbaru dari sejumlah pernyataan yang dikeluarkan oleh donor-donor besar yang menentang penggunaan dana pembangunan untuk mendukung proyek-proyek bahan bakar fosil. Sebagai contoh, kebijakan tersebut menyatakan dengan tegas bahwa AS akan menentang “proyek-proyek gas alam hulu.” Kebijakan ini mengizinkan dukungan terbatas untuk “proyek-proyek gas alam tengah dan hilir” di beberapa negara yang memenuhi syarat untuk mendapatkan bantuan IDA selama proyek-proyek tersebut menyertakan “strategi-strategi pengurangan gas rumah kaca.” Secara kritis, kebijakan baru ini memberikan pengecualian untuk pendanaan proyek-proyek pengurangan metana, tetapi dengan peringatan penting (penekanan dalam bahasa asli):

*“Terbuka untuk mendukung proyek-proyek Penangkapan, Penggunaan dan Penyimpanan Karbon (Carbon Capture, Use and Storage [CCUS]) dan pengurangan metana. Kami terbuka untuk mendukung CCUS dan solusi pengurangan metana sebagai investasi mandiri untuk proyek bahan bakar fosil yang sudah ada dengan asumsi bahwa mereka tidak memperluas kapasitas proyek yang sudah ada atau secara signifikan memperpanjang masa operasionalnya.”*

Pelajaran bagi beberapa negara yang ingin mendapatkan pendanaan pembangunan internasional untuk proyek-proyek minyak dan gas adalah bahwa mereka akan menghadapi pengawasan yang lebih ketat terhadap proposal proyek dan penilaian kelayakannya. Beberapa negara yang mencakup lebih dari separuh impor gas global dan sepertiga ekspor gas global baru-baru ini menyerukan untuk meminimalkan *flaring*, metana, dan emisi CO<sub>2</sub> di seluruh rantai pasokan semaksimal mungkin pada COP27.<sup>119</sup>

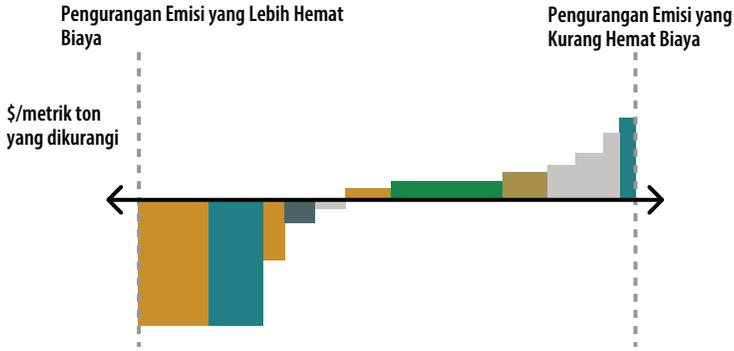
**Pendekatan inovatif atau non-tradisional.** Dana kesejahteraan berdaulat dan investasi strategis dengan tujuan iklim yang ambisius merupakan berbagai sumber potensial untuk mendanai proyek-proyek pengurangan metana. Bagi beberapa negara yang menghadapi tantangan akses dan keamanan energi, proyek-proyek metana yang selaras dengan jalur pembangunan rendah karbon nasional dan rencana pembangunan nasional dapat mewujudkan prioritas akses energi suatu negara sekaligus memitigasi emisi metana. Obligasi transisi dan pinjaman terkait keberlanjutan merupakan mekanisme baru yang memberikan fleksibilitas bagi para penghasil emisi tinggi dalam menyusun kegiatan pembiayaan mereka.

**Pasar karbon.** Proyek pengurangan metana dapat menghasilkan pendapatan melalui pasar karbon jika dirancang dan disusun dengan baik. Tantangan saat ini adalah terbatasnya kuantifikasi dampak positif terhadap iklim, yang dapat diterjemahkan ke dalam izin emisi yang dapat diperdagangkan. Hal ini sangat menantang untuk emisi fugitive karena sulit untuk menentukan rujukan awal untuk mengukur pengurangan yang dicapai melalui tindakan yang diambil oleh sektor ini. Seiring kemajuan yang dicapai dalam memperkirakan dan memantau emisi, hal ini dapat menjadi sumber pembiayaan proyek di masa depan.<sup>120</sup>

## Mendukung Pengurangan Metana Secara Ekonomi

Regulator harus membuat justifikasi ekonomi di jajaran pemerintah atau meyakinkan operator bahwa solusi pengurangan metana sesuai untuk investasi jangka pendek dan jangka panjang. Meskipun operator memiliki insentif finansial untuk menghindari limbah, beberapa solusi lebih hemat biaya daripada yang lain. Analisis efektivitas biaya yang spesifik untuk lingkungan operasi lokal dapat membantu mengembangkan kebijakan regulasi pengurangan metana yang

dapat diterapkan. Investasi pengurangan metana seperti LDAR hulu dan unit recovery uap dapat menghasilkan dampak positif tergantung pada kondisi.



Gambar 11.2: Contoh kurva biaya pengurangan marginal. Setiap batang mewakili jenis proyek pengurangan emisi, dan warna menunjukkan peluang pengurangan emisi tematik, seperti program deteksi dan perbaikan kebocoran.<sup>121</sup>

Operator swasta akan cenderung lebih memilih opsi berbiaya rendah atau bahkan opsi berbiaya negatif. Namun, bahkan dalam kasus-kasus tersebut, investasi awal biasanya diperlukan, sehingga periode pengembalian modal yang singkat akan membuat investasi lebih menarik dibandingkan dengan aset lain yang memungkinkan. Dalam banyak kasus, kegiatan pengurangan gas metana dapat menjadi peluang komersial yang akan membayar investasi awal dan biaya pemeliharaan serta menghasilkan pendapatan tambahan.

# Efektivitas Biaya Pengurangan Emisi Metana

Menjelaskan dengan jelas alasan ekonomi untuk proyek pengurangan metana dapat meningkatkan minat investor. Namun, bagaimana seseorang melihat proposisi biaya-manfaat dapat bervariasi, tergantung pada sudut pandang seseorang.

**Perspektif Perusahaan.** Efektivitas biaya bagi perusahaan berarti bahwa nilai gas tambahan yang diperoleh atau biaya atau denda penegakan hukum yang dihindari dengan perolehan gas melebihi modal tambahan dan biaya operasional proyek pengurangan metana. Serangkaian tindakan yang memenuhi kriteria ini dapat digambarkan sebagai memiliki nilai bersih saat ini (net present value [NPV]) yang positif, periode pengembalian modal yang singkat, atau tingkat pengembalian internal (internal rate of return [IRR]) yang memenuhi kriteria investasi perusahaan.

**Perspektif Ekonomi.** Pendekatan ini mempertimbangkan manfaat bersih bagi perekonomian nasional. Sebagai contoh, perusahaan transmisi dan distribusi lokal biasanya tidak memiliki gas yang mereka angkut. Regulator biasanya mengharuskan mereka untuk mengembalikan nilai pengurangan kerugian dari pengurangan metana kepada pelanggan mereka. Akibatnya, pengurangan metana di segmen industri ini tidak akan memberikan keuntungan positif bagi perusahaan. Meskipun demikian, nilai kerugian yang berkurang akan bertambah ke bagian lain dari ekonomi dalam bentuk harga gas yang lebih rendah dan penghindaran polusi. Dengan demikian, manfaat yang lebih luas tetap ada meskipun entitas yang menerapkan pengurangan tidak dapat secara langsung memperoleh manfaat dari berkurangnya kerugian.

**Perspektif Regulasi.** Pendekatan ini mempertimbangkan tujuan kesehatan masyarakat dan lingkungan untuk menentukan manfaat bagi masyarakat. Efektivitas biaya bervariasi untuk berbagai polutan dan program regulasi. Dalam konteks ini, pengurangan metana dapat dianggap hemat biaya karena berkurangnya polusi lokal dan pemanasan global, meskipun pengurangan metana memiliki biaya bersih bagi perusahaan. Regulator juga dapat mempertimbangkan pendapatan fiskal tambahan dari emisi yang dicegah terhadap investasi dalam peralatan deteksi dan staf.

# Memonetisasi Pengurangan Metana

Manfaat pengurangan metana dapat berupa manfaat langsung, seperti penangkapan gas yang seharusnya dibakar/dilepas, atau manfaat tidak langsung, seperti penerbitan kredit karbon yang dapat dijual kembali.

## Penangkapan Gas

Investasi pengurangan metana yang menghasilkan penangkapan gas dapat memberikan keuntungan yang signifikan jika gas yang ditangkap dapat dialihkan ke konsumen yang membutuhkan gas. Investasi semacam itu dapat memberikan keuntungan yang sama besarnya dengan peluang investasi lainnya. Alih-alih dibakar, metana yang ditangkap dapat dimonetisasi dengan:

- Menjual gas untuk konsumsi rumah tangga (memasak, pemanas rumah, dll.).
- Memproduksi Gas Alam Cair (Liquified Natural Gas) atau Gas Minyak Cair (Liquified Petroleum Gas) jika gasnya basah.
- Menyuntikkan kembali gas ke dalam reservoir minyak dan gas untuk meningkatkan perolehan.
- Menggunakan gas alam untuk pembangkit listrik.
- Memasok bahan baku untuk industri hidrogen, metanol, dan gas-ke-cairan.

Setiap opsi memiliki tantangan yang unik. Sebagai contoh, Program Komersialisasi Gas Suar Nigeria mengadakan proses tender (2020-2023) untuk lokasi pembakaran gas suar untuk memonetisasi gas ikutan mereka, termasuk produksi petrokimia dan pupuk.<sup>122</sup> Proses tender ini didasarkan pada sistem rantai pasokan yang sudah ada (fasilitas pemrosesan, transportasi) yang dapat diandalkan oleh peserta lelang untuk memindahkan gas alam ke pasar. Di Kolombia, di Lapangan Florena, investasi dilakukan untuk memanfaatkan kompresor reinjeksi tekanan.

Tetapi hanya sebagian dari jumlah total gas yang dapat diinjeksikan kembali ke dalam reservoir. Oleh karena itu, kelebihan gas dikonversi menjadi listrik yang disalurkan ke jaringan listrik.<sup>123</sup>

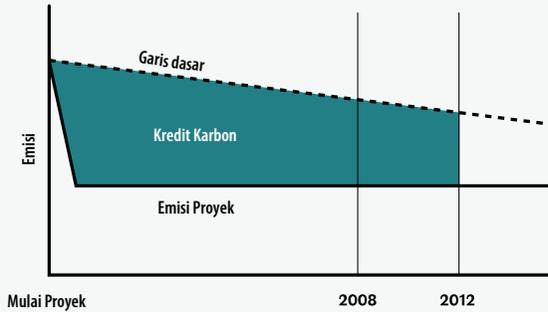
## Kredit Karbon

Pasar karbon, di mana penghematan GRK diterjemahkan ke dalam kredit yang diperdagangkan secara aktif, telah menjadi semakin umum dalam beberapa tahun terakhir. Implementasi dan implikasi kebijakan pasar karbon merupakan topik yang layak untuk dibahas dalam buku panduan tersendiri dan tidak akan dibahas secara rinci di sini. Namun, pengurangan metana merupakan salah satu cara menghasilkan kredit di pasar GRK. Berikut ini contoh bagaimana pengurangan emisi yang hilang dari jaringan distribusi gas dapat diterjemahkan menjadi kredit yang mendukung keekonomian proyek.



### **Memonetisasi Studi Kasus Pengurangan Metana: Inisiatif Pengurangan Emisi Metana di Bangladesh**

Gas alam adalah sumber utama energi primer di Bangladesh. Sekitar 65 persen energi komersial di Bangladesh berasal dari gas alam. Sekitar 13 persen dari total pasokan gas alam digunakan untuk keperluan memasak rumah tangga melalui pipa gas distribusi. Seiring bertambahnya usia jaringan gas distribusi, perusahaan distribusi gas telah mengidentifikasi banyak kebocoran. Perusahaan mengikutsertakan pihak ketiga untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kebocoran metana untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional. Perusahaan distribusi tidak perlu berinvestasi ketika sebuah program didanai Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism [CDM]). Kegiatan LDAR adalah salah satu contoh proyek metana yang didanai CDM.



Gambar 11.3: Ilustrasi Pengembalian Kredit Karbon Berdasarkan Pengurangan Emisi.<sup>124</sup>

Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited (TGTDC), pemasok gas di ibukota Dhaka dan sekitarnya, menandatangani Perjanjian Investasi Proyek Pengurangan Emisi Bersertifikat (Certified Emission Reductions [CER] Project Investment Agreement) dengan NE Climate A/S (NES) dari Denmark pada tahun 2012 untuk mengurangi emisi metana menggunakan LDAR. UNFCCC mendaftarkan proyek ini pada tahun 2015. Melalui proyek ini, sekitar 4,0 juta metrik ton emisi metana setara CO<sub>2</sub> berkurang setiap tahunnya. Selain itu, TGTDC menghasilkan pendapatan dengan menjual CER.

Mempertimbangkan keberhasilan awal proyek CDM, TGTDC menandatangani kontrak lain dengan perusahaan yang sama untuk Pengurangan Emisi Terverifikasi (Verified Emission Reduction [VER]) pada tahun 2021. Sponsor memulai LDAR dengan proyek baru di tingkat Rise/RMS, yang bertujuan untuk menghemat 10,91 juta metrik ton setara CO<sub>2</sub> melalui pengurangan emisi metana.

Paschimanchal Gas Company (PGCL) menandatangani kontrak dengan Eco Gas Asia Limited. Akibatnya, sekitar 0,36 juta metrik ton pengurangan emisi metana setara CO<sub>2</sub> telah dihemat setiap tahunnya, dan hal ini telah mulai menghasilkan pendapatan sebagai manfaat dari proyek CDM.

Karnaphully Gas Distribution Company (KGDCL) memulai proyek CDM dengan mempertimbangkan strategi LDAR. Akibatnya, sekitar 2,64 juta metrik ton pengurangan emisi metana setara CO<sub>2</sub> telah dihemat antara tahun 2019-2022. Selain itu, KGDCL memulai sistem deteksi kebocoran gas di pipa gas menggunakan sistem deteksi gas bergerak. Sistem deteksi kebocoran gas ini direplikasi di perusahaan distribusi lainnya (BGDCL, JGTOSL) di bawah Petrobangla, perusahaan gas nasional milik pemerintah Bangladesh.

Semua proyek CDM ini berkontribusi dalam mencapai target NDC Bangladesh untuk emisi gas bocoran (fugitive gas) di sektor energi dan menghasilkan pendanaan untuk mengurangi emisi metana.

# **12. Pengembangan Kapasitas untuk Aksi**

---

## Sejumlah Poin Penting

- Pengurangan metana merupakan prioritas baru – pemerintah dan perusahaan di seluruh dunia mengambil langkah yang berani. Diperlukan beberapa bidang keahlian yang penting bagi pemerintah agar dapat secara efektif mengurangi metana.
- Dalam menyusun strategi pengembangan kapasitas, pemerintah dapat mengembangkan ketrampilan baru secara progresif seiring dengan berjalannya waktu.
- Bergantung pada kondisi dan kapasitas yang ada, pengembangan kapasitas dapat dilakukan secara cepat dengan sumber daya keuangan yang terbatas.
- Disediakan bantuan: beberapa program pengembangan kapasitas menyediakan bantuan dukungan tenaga ahli yang sesuai kebutuhan dan dukungan mitra setara bagi wilayah yurisdiksi di tingkat nasional dan subnasional. Sumber daya tersedia untuk mendukung pemerintah maupun Perusahaan Minyak Nasional agar dapat bertindak cepat dalam menangani metana.

## Diperlukan Tenaga Ahli untuk Pengelolaan Metana

Bidang keahlian utama yang dibutuhkan selama siklus hidup industri mencakup bidang-bidang berikut

**Pengembangan Kebijakan.** Keahlian dalam melakukan evaluasi kebijakan pemerintah yang ada terkait lingkungan hidup, energi dan minyak bumi, kemampuan menyusun draf kebijakan dan pengalaman dalam memberikan arahan terkait kondisi politik. Komitmen kebijakan yang jelas akan memperluas peluang memperoleh bantuan teknis.

**Rancangan Regulasi.** Pengetahuan mengenai implikasi dari opsi-opsi hukum, kelembagaan dan kebijakan. Desain regulasi pengurangan metana akan menentukan tercapainya

efektivitas, efisiensi, kelayakan, akuntabilitas, keterjangkauan dan keselamatan dalam mengurangi metana.

**Keahlian Bidang Hukum.** Pengetahuan mengenai perundang-undangan setempat dan penerapannya, legalitas intervensi yang spesifik, dan penulisan produk hukum sangat penting untuk mencegah pelanggaran terhadap hukum yang ada, yang dapat berakibat regulasi baru tidak dapat dilaksanakan.

**Keahlian Teknis.** Berbagai kerangka kerja dan teknik kuantifikasi dan bagaimana semua ini bekerja dengan teknologi dan perangkat lunak canggih akan berkontribusi dalam memahami bagaimana mengembangkan sistem yang efektif untuk melakukan pemantauan, pelaporan, dan verifikasi.

**Keahlian Ekonomi.** Memahami tren makroekonomi, opsi pembiayaan, insentif pasar dan mekanisme penentuan biaya pengurangan metana di sektor minyak dan gas. Sebagaimana yang dibahas dalam buku ini, salah satu perangkat rancangan kebijakan dan regulasi yang paling kuat adalah instrumen kurva biaya pengurangan marjinal.<sup>125</sup>

**Pengalaman Industri.** Memahami beberapa isu kontemporer, regulasi yang telah berhasil maupun yang gagal, masalah operasional, dan kelayakan implementasi industri. Studi kelayakan formal yang didukung dengan pengetahuan implisit tentang suatu wilayah, sektor, teknologi dan regulasi, memberi informasi mengenai penilaian risiko dan manfaat dari berbagai opsi.

**Keahlian dalam pengawasan, pelaksanaan dan kepatuhan.** Keahlian dalam melakukan tinjauan dan proses persetujuan proyek, pemberian izin, dan pemantauan, kepatuhan dan pelaksanaan. Tenaga spesialis dalam bidang teknik, keselamatan, dan lingkungan hidup membawa pemahaman aspek teknis dalam melakukan pengajuan program dan operasional untuk mengidentifikasi setiap perubahan yang dibutuhkan untuk program pengurangan metana di suatu negara.

**Koordinasi intrapemerintah dan resolusi konflik.** Koordinasi lintas instansi untuk mendorong pertukaran informasi, perundingan perbedaan, konvergensi upaya, dan penyelarasan regulasi. Untuk memastikan efektivitas, koordinator harus berupaya mencari dukungan dan legitimasi dari tingkat kepemimpinan tertinggi dan ditempatkan pada posisi dengan otoritas yang tinggi untuk dapat melakukan perubahan.

Koordinasi dengan yurisdiksi subnasional dapat mendukung pelaksanaan solusi yang fleksibel untuk memenuhi kebutuhan industri dan masyarakat. Hal ini terutama berlaku dalam kebijakan yang terkait perubahan iklim di mana pemerintah pusat dan pemerintah daerah telah menunjukkan kemauan dan kapasitasnya untuk memimpin, termasuk melalui target dan regulasi khusus sesuai wilayah yurisdiksinya. Pemerintah subnasional sekarang memiliki kesempatan untuk mengambil tindakan dini terhadap penggunaan metana dan banyak yang telah membuat komitmen<sup>126</sup> untuk mengurangi emisi metana dari minyak dan gas. Di dalam Pertukaran Pemimpin Aksi Iklim (Climate Action Leaders Exchange) (SCALE)<sup>127</sup> dimasukkan Ikrar Metana Global yang memberikan peluang pengembangan kapasitas melalui pembelajaran sejawat yang diperoleh melalui koordinasi lintas sektoral dan koordinasi multi-level serta mekanisme mobilisasi keuangan.

## Mengembangkan Strategi untuk Pengembangan Kapasitas

Beberapa negara berkembang seringkali kekurangan sumber daya dalam perancangan regulasi dan kegiatan pengawasan. Dalam menyusun strategi pengembangan kapasitas, pemerintah nasional harus (1) menilai kebutuhan mereka (2) mengidentifikasi sumber daya yang ada dan (3) menyiapkan pendanaan.

## 1. Menilai Kebutuhan

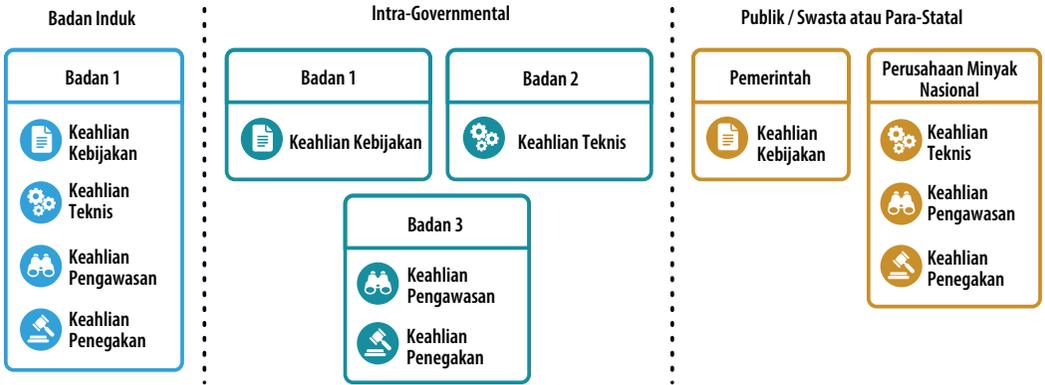
Penilaian (assessment) adalah proses mengkaji kapasitas individu dan kapasitas kelembagaan. Kapasitas individu adalah pengetahuan dan keterampilan personel yang mengelola kerangka regulasi metana.

Kapasitas kelembagaan adalah suatu sistem yang mencakup prosedur manajemen data, perencanaan strategi, pengembangan ketenagakerjaan, alokasi sumber daya dan resolusi konflik.

Penilaian kebutuhan ini akan bergantung pada beberapa fitur. Dalam hal ini akan bergantung, misalnya, pada tahap mana pembangunan industri secara spesifik ada di suatu negara: tahap belum ada produksi, tahap pembangunan industri yang baru muncul, pasokan produk yang konsisten, masa produksi puncak, dan tahap penghentian produksi (sunsetting). Penilaian ini juga akan memperhatikan kapasitas yang dibutuhkan berdasarkan prospek masa depan suatu industri: bagaimana siklus industri yang “boom-bust” secara cepat (industri yang cepat berkembang tetapi juga cepat surut), ketidakstabilan harga, dan periode emas.

Selain itu, salah satu aspek terpenting dari setiap penilaian pengembangan kapasitas adalah menentukan di mana otoritas dan tenaga ahli yang sudah ada ditempatkan: yakni tata kelola negara yang sudah ada. Bahwa di beberapa negara, satu instansi induk dapat membawahi banyak tenaga ahli yang diperlukan di dalam satu lembaga induk. Sedangkan di negara lain tenaga ahlinya tersebar di berbagai lembaga. Dengan demikian, beberapa negara memiliki PMN yang cukup independen dari pemerintah. PMN dapat menimbulkan tantangan dalam hal koordinasi dan efisiensi operasional, tetapi PMN juga dapat menjadi sumber kekuatan yang signifikan untuk melakukan aksi pengurangan metana yang cepat. Banyak PMN yang memiliki kapasitas individu dan kelembagaan yang kuat dalam jejaring PMN, optimalisasi proses, dan pengambilan keputusan

bersama. Ilustrasi di bawah ini memberikan gambaran sederhana mengenai perbedaan antara ketiga pengaturan tata kelola ini.



Gambar 12.1: Berbagai struktur sistem regulasi.

## 2. Mengidentifikasi Sumber Daya dan Dukungan

Buku panduan ini berisi daftar sumber daya yang dapat menjadi titik awal yang baik untuk pengembangan kapasitas; perinciannya terdapat pada *Bab 13: Sumber daya untuk Implementasi*. Transfer pengetahuan dan keterampilan dapat terjadi melalui kajian literatur, pelatihan langsung tatap muka atau secara virtual, latihan kerja, pembinaan dan bimbingan. Berikut ini adalah beberapa referensi sumber daya yang dapat dimanfaatkan:

**Riset/Analisis/Publikasi.** Banyak tersedia riset tertulis, publikasi, dan dokumen referensi bagi pihak pemerintah mengenai beberapa isu kritis yang mendasar terkait metana di sektor minyak dan gas. Referensi ini dapat menjadi sumber informasi mengenai strategi, kebijakan, dan sistem regulasi untuk mengurangi metana. Ada beberapa lembaga komersial yang menyediakan sumber referensi ini dengan mengenakan

biaya tertentu, tetapi ada lembaga lain yang menyediakan sumber informasi ini secara gratis. Misalnya, IEA secara teratur menyediakan data dan analisis tentang emisi metana di sektor industri minyak dan gas, bagaimana potensi pengurangan metana dan teknologi apa yang digunakan untuk mendukung pemerintah dalam menyusun kebijakan pengelolaan metana yang efektif.

**Inisiatif Metana Internasional.** Koalisi Iklim dan Udara Bersih (CCAC) merupakan pusat solusi penanganan udara bersih, bekerja sama dengan beberapa negara anggotanya mengidentifikasi sumber daya yang dapat mendukung upaya mitigasi metana. CCAC bertemu muka dengan berbagai negara untuk membahas prioritas dan kebutuhan masing-masing negara. Mereka juga membantu mengembangkan strategi mitigasi metana yang dirancang untuk mencapai target Ikrar Metana Global. Aliansi Metana Global bertujuan untuk mendukung beberapa negara yang berkomitmen pada target pengurangan metana yang cukup ambisius di sektor minyak dan gas. Kemitraan Pengurangan *Flaring* Gas Global Bank Dunia (*World Bank Global Gas Flaring Reduction Partnership [GGFR]*) adalah dana perwalian (trust fund) multi-donor yang terdiri dari pemerintah, perusahaan minyak dan organisasi multilateral yang berkomitmen untuk menghentikan pembakaran gas suar (*flaring*) rutin pada lokasi produksi minyak global. Bank Eropa untuk Rekonstruksi dan Pembangunan (*European Bank for Reconstruction and Development [EBRD]*) memberikan bantuan teknis dan memfasilitasi transfer pengetahuan tentang pengukuran, pelaporan, dan pengurangan emisi metana dan dapat mempertimbangkan pembiayaan untuk rencana investasi pengurangan metana. Di atas hanyalah beberapa contoh inisiatif khusus penanganan metana secara internasional.

**Tenaga Ahli Bidang Khusus.** Para ahli ini bisa berasal dari lembaga publik, sektor swasta, atau badan multilateral. Memanfaatkan tenaga ahli dari luar seringkali penting dalam mengembangkan solusi khusus untuk suatu yurisdiksi. Para ahli dapat direkrut tanpa biaya melalui pertukaran tenaga ahli

LSM secara multilateral, dan melalui program PBB. Selain itu, para kontraktor dapat dipekerjakan sebagai penasihat. Institusi akademik nasional atau asing dapat juga memberikan panduan dengan biaya sedikit atau bahkan tanpa biaya.

**Inisiatif yang diprakarsai industri.** Inisiatif Ini memberikan bantuan teknis dan panduan kepada pelaku industri. Misalnya, *OGCI Aiming for Zero Methane Emissions Initiative*<sup>128</sup> menggunakan pendekatan yang menyeluruh dengan memperlakukan upaya pengurangan emisi metana secara serius sebagaimana industri minyak dan gas memperlakukan sistem keselamatan kerja.

Pertukaran sejawat (*peer-to-peer*). Melalui jejaring formal dan informal, beberapa negara mengeksplorasi pembelajaran yang dapat dipetik dari dan tantangan bersama yang dihadapi oleh negara lain. Sementara itu, beberapa negara dengan pengalaman regulasi dan keahlian teknis yang luas dapat memberikan saran yang relevan. Regulator mendapat manfaat dari kebijakan negara sejawat dalam melakukan inisiatif mitigasi metana mereka. Silakan lihat *New Producers Group* sebagai contoh praktik dari komunitas pemerintah-ke-pemerintah.

**Mitra pengembangan.** Mitra pengembangan adalah jejaring internasional yang dirancang untuk berbagi pengetahuan secara lintas negara dan sebagai penyedia sumber daya yang dapat membantu menyatukan berbagai pemerintah dalam mengidentifikasi strategi pengembangan kapasitas yang efektif serta berbagi hasil yang positif. Silakan lihat contoh di bawah ini.



## Koalisi Iklim dan Udara Bersih (The Climate and Clean Air Coalition [CCAC])

CCAC adalah sumber daya pertama utama untuk memperoleh bantuan pengembangan kapasitas terkait pengurangan metana. CCAC, melalui pusat solusinya, bekerja sama dengan para mitra yang berminat untuk membantu pemerintah dari berbagai negara dan para pelaku lain yang siap membuat komitmen yang solid dan ambisius untuk mengurangi emisi metana dari sektor minyak dan gas. CCAC telah membantu banyak negara mengembangkan kapasitasnya dalam merancang dan menerapkan kebijakan serta regulasi pengurangan metana.

- **Meksiko.** CCAC memberikan bantuan pengembangan kapasitas kepada ASEA Meksiko (Agencia de Seguridad, Energia y Ambiente, atau Badan Keselamatan, Energi dan Lingkungan Hidup) untuk menerapkan regulasi tahun 2018 yang cukup berani dalam mengendalikan emisi metana dari industri minyak dan gas. CCAC memberikan antara lain pelatihan tentang manajemen data, inspeksi untuk LDAR, dan verifikasi pihak ketiga. Meksiko menetapkan target mengurangi 40-45 persen emisi metana dari sektor minyak dan gas pada tahun 2030.<sup>129</sup>
- **Nigeria.** CCAC membantu Nigeria dengan kebijakan dan regulasi terbaru tentang pengurangan metana, beberapa di antaranya dibahas dalam buku ini. Dengan menghubungkan Nigeria secara *peer-to-peer* dengan pembuat kebijakan dan para ahli dari seluruh dunia, CCAC membantu regulator sektor minyak dan gas utama di Nigeria seperti Upstream Petroleum Regulatory Commission menyusun rancangan ketentuan tentang pembakaran gas suar (*flaring*), LDAR dan MRV.<sup>130</sup>



## New Producers Group: Jejaring Pengetahuan Pemerintah-ke-Pemerintah

New Producers Group (NPG) adalah contoh dari jejaring berbagi pengetahuan dan pengalaman Global South selama 10 tahun yang sukses. Kelompok ini mempersatukan lebih dari 30 negara berkembang yang relatif merupakan pendatang baru di sektor minyak dan gas seperti Guyana, Ghana, Kenya, Mauritania, Mozambik, Senegal, Suriname, Tanzania, Uganda dan Namibia. Wadah ini didirikan pada tahun 2012 oleh Chatham House, Natural Resources Governance Institute dan Commonwealth Secretariat (Sekretariat Negara-negara Persemakmuran). Kelompok ini menghubungkan lebih dari 700 pejabat pemerintah, (kementerian, regulator, PMN) dengan mitra sejawat, para think-tank, pakar industri dan perusahaan energi. NPG bertujuan untuk mendukung pemerintah dalam mengelola sumber daya minyak bumi secara efektif, mengarahkan transisi energi dan mengintegrasikan strategi ketahanan iklim. Aspek utama kegiatan NPG adalah membangun kompetensi GRK para pejabat pemerintah, yang telah dilakukan melalui webinar, penelitian, dan lokakarya seperti *Menyelaraskan Sektor Perminyakan dengan Pembangunan Nasional, Energi dan Tujuan Iklim (Aligning Petroleum Sector with National Development, Energy and Climate Goals) (2021)* dan *Meminimalkan Emisi GRK dari Sektor Perminyakan (Minimising GHG Emissions from the Petroleum Sector) (2022)*.

### 3. Memastikan Sumber Pendanaan

Memahami berbagai sumber daya keuangan yang tersedia akan membantu mengidentifikasi peluang untuk menetapkan dan menentukan ke mana pemerintah dapat memperoleh pendanaan. Sumber dana mencakup:

**Mitra pembangunan.** Meski hal ini dapat diakses dalam jangka pendek dan menengah, mengandalkan sumber dana pada mitra pembangunan dalam jangka panjang harus dihindari, dan strukturnya harus dibangun untuk memastikan terwujudnya pendanaan sendiri secara jangka panjang.

**Para operator dengan mensyaratkan diadakan pelatihan dan pengembangan kapasitas.** Sistem regulasi dapat mencakup ketentuan persyaratan, melalui undang-undang atau melalui perjanjian perminyakan, yang mengharuskan disediakan anggaran dana pelatihan atau memberi kontribusi pada program pengembangan kapasitas lokal. Di beberapa negara dengan sektor minyak dan gasnya aktif, pihak regulator dapat mewajibkan para operator membentuk dana untuk pengembangan kapasitas.

**Alokasi anggaran nasional.** Pemerintah yang memprioritaskan pengurangan metana akan meningkatkan pembiayaan melalui perpajakan dan penghematan anggaran dalam kerangka kebijakan iklim mereka.

**Pendanaan Iklim.** Terdapat peluang untuk mengakses pendanaan iklim dalam upaya mitigasi. Peluang ini mewajibkan pembuatan proposal proyek yang secara jelas menguraikan emisi metana yang akan dikurangi atau dihindari.

**Pajak Ketahanan Iklim.** Pajak semacam ini dapat membantu mendanai pengembangan kapasitas yang termutakhir. Karena pengurangan emisi metana menghasilkan pendapatan, sebagian dana ini dapat dialokasikan untuk pengembangan kapasitas sektoral.

**Hibah Riset.** Pendanaan hibah riset solusi teknologi tepat guna dapat dialokasikan untuk peneliti potensial, khususnya di tingkat universitas. Pemerintah, dalam beberapa contoh, dapat bertindak sebagai penjamin, di mana pemerintah menjadi pengelola dana yang dialokasikan untuk penangkapan dan pengurangan metana – mendistribusikan dana ke area-area yang kemungkinan menghasilkan dampak paling signifikan.

Pemetaan secara detail mengenai berbagai sumber dana dapat dilihat pada *Bab 11: Pembiayaan untuk Penurunan Gas Metana*



## Studi Kasus dalam Pengembangan Kapasitas yang Berhasil: Protokol Montreal

Protokol Montreal telah berhasil mengurangi penggunaan zat perusak ozon untuk melindungi lapisan ozon stratosfer. Unit Ozon Nasional (National Ozone Units [NOU]) yang dikelola oleh Petugas Ozon Nasional dibentuk di beberapa negara berkembang dengan wewenang mengelola program nasional dengan tujuan mematuhi Protokol Montreal, termasuk mematuhi jadwal penghapusan yang telah disepakati untuk penggunaan zat perusak ozon. Pembentukan NOU menimbulkan kebutuhan untuk melakukan pengembangan kapasitas dalam melaksanakan Protokol Montreal secara efektif.

Sementara itu, NOU ini turut ikut serta dalam jejaring regional dan lokakarya pengembangan kapasitas di mana mereka dapat memperoleh manfaat tambahan dari bimbingan para tenaga ahli. Hasilnya, para pembuat kebijakan di beberapa negara berkembang dapat belajar dari pengalaman dari rekan-rekan sejawat mereka dan memperoleh akses ke berbagai sumber daya tambahan. Terlepas dari keberhasilan ini, Protokol Montreal mengalami kesulitan menjalankan fungsi regulasi yang ditetapkan karena seringnya terjadi pergantian staf di beberapa negara dengan jumlah NOU yang lebih kecil.

Beberapa negara maju telah mendanai kegiatan ini melalui Dana Multilateral Protokol Montreal. Dengan model pendanaan ini, beberapa yurisdiksi berhasil mengurangi secara tajam penggunaan zat perusak ozon. Model ini dapat direplikasi untuk mengurangi emisi metana.

# **13. Berbagai Sumber Daya untuk Implementasi**

---

## Anda Tidak Sendiri

Pengurangan metana merupakan sebuah tantangan, namun ada banyak sumber daya yang dapat membantu – dan banyak di antaranya yang gratis. Mulai dari primer, portal data, dan alat pemodelan sampai organisasi yang misinya adalah membantu pemerintah – seringkali tanpa biaya. Daftar di bawah ini tidak dimaksudkan untuk menjelaskan secara lengkap namun mencerminkan berbagai sumber yang tersedia.

## Saran Ahli yang Disesuaikan

### The Climate and Clean Air Coalition

<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Kemitraan antara pemerintah, organisasi antarpemerintah, dunia usaha, lembaga ilmiah, dan organisasi masyarakat sipil, dan Sekretariat yang diselenggarakan oleh Program Lingkungan Hidup PBB, memberikan saran mengenai pengurangan metana. Dengan fokus pada kualitas udara dan polutan iklim, CCAC "siap bertemu langsung dengan beberapa negara untuk membahas prioritas dan kebutuhan serta membantu mengembangkan strategi mitigasi metana yang paling efisien." Selain itu, CCAC memberikan proyeksi, dukungan perencanaan nasional, panduan kebijakan, perangkat regulasi, dan banyak lagi.

### The Clean Air Task Force

<https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

LSM ini membantu produsen minyak dan gas serta pembuat kebijakan untuk membuat regulasi metana yang kokoh. CATF telah bekerja sama dengan Nigeria, Meksiko, Kolombia, Ekuador, dan negara lain untuk mendukung pengurangan metana di sektor minyak dan gas. CATF juga berupaya memfasilitasi akses terhadap keikutsertaan dan pendanaan multilateral.

## **Environmental Defense Fund**

<https://www.edf.org/issue/methane>

LSM ini memiliki banyak perangkat untuk membantu pembuat kebijakan dan regulator dalam pengurangan metana. EDF bekerja sama dengan berbagai mitra dan pemangku kepentingan, dan memberi masukan mengenai pilihan-pilihan regulasi untuk pengurangan metana secara global.

## **The Global Methane Initiative**

<https://www.globalmethane.org/about/index.aspx>

Sejak tahun 2004, koalisi internasional ini telah mendorong kemajuan “pengurangan metana jangka pendek yang hemat biaya” dengan menghubungkan para pembuat kebijakan dengan lembaga-lembaga keuangan dan pemerintah sejawat. GMI memberikan dukungan teknis untuk melaksanakan proyek metana menjadi energi di seluruh dunia yang memungkinkan beberapa negara mitra meluncurkan proyek pemulihan dan penggunaan metana.

## **The Under2 Coalition**

<https://www.theclimategroup.org/methane-project>

Konsorsium pemerintah subnasional ini terdiri dari lebih dari 160 negara bagian dan wilayah yang memimpin aksi iklim. Konsorsium ini memberikan forum penting bagi pemerintah untuk “berbagi cara efektif untuk mengurangi emisi metana, dimulai dengan fokus pada sektor minyak dan gas.”

# **Pembiayaan**

## **The Climate and Clean Air Coalition**

<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Kemitraan antara pemerintah, organisasi antarpemerintah, dunia usaha, lembaga ilmiah dan organisasi masyarakat sipil, dan Sekretariat yang diselenggarakan oleh Program Lingkungan Hidup PBB ini, dapat mengarahkan pemerintah untuk dapat menangkap peluang pendanaan. CCAC memberikan bantuan ahli yang disesuaikan untuk membantu pemerintah mencapai tujuan pengurangan metana di berbagai sektor.

### **The Landscape of Methane Abatement Finance (Climate Policy Initiative)**

<https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/the-landscape-of-methane-abatement-finance/>

Laporan ini fokus pada solusi pengurangan metana di berbagai sektor untuk "menilai investasi global dalam kegiatan pengurangan metana dan menciptakan rujukan dasar (baseline) yang dapat digunakan untuk mengukur kebutuhan investasi dan kemajuannya."

### **The Global Methane Hub**

<https://globalmethanehub.org/>

Organisasi filantropi ini menyediakan pendanaan langsung untuk proyek pengurangan metana. Diluncurkan pada bulan Maret 2022, organisasi ini memiliki tujuan untuk "mendukung dan mempertahankan aksi dari masyarakat sipil, pemerintah, dan industri swasta, termasuk di lebih dari 100 negara yang telah bergabung dengan GMP dengan melakukan investasi yang berarti dalam solusi pengurangan metana."

### **Global Methane Initiative Project Network**

<https://www.globalmethane.org/about/index.aspx>

Jaringan ini "terdiri dari perwakilan dari industri, komunitas riset, lembaga keuangan, pemerintah negara bagian dan lokal, serta pemangku kepentingan ahli lainnya yang berkepentingan untuk mengembangkan dan mendukung proyek pengurangan, pemulihan, dan penggunaan metana di Negara Mitra."

## World Bank Group Green Bond Program

<https://treasury.worldbank.org/en/about/unit/treasury/ibrd/ibrd-green-bonds>

Program ini menawarkan pendanaan untuk pengurangan metana dari pembakaran gas suar, serta proyek-proyek sektor pertanian dan limbah.

## Solusi Pembiayaan untuk Mengurangi Pembakaran Gas Alam dan Emisi Metana

<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>

Laporan ini memberikan kerangka kerja bagi pembuat kebijakan untuk mengevaluasi kelayakan dan daya tarik finansial proyek pengurangan pembakaran gas suar dan metana (*flaring* and methane reduction [FMR]), menganalisis hambatan investasi, dan mengidentifikasi variabel-variabel penting dan faktor-faktor keberhasilan yang didukung oleh pembelajaran dari studi kasus. Untuk membantu pembuat kebijakan menilai pilihan-pilihan FMR, disarankan templat pemodelan keuangan yang disederhanakan.

# Panduan

## Penilaian Metana Global: Ringkasan untuk Pengambil Keputusan (Koalisi Iklim dan Udara Bersih PBB)

<https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-summary-decision-makers>

Sumber ini dirancang oleh Program Lingkungan PBB dan Koalisi Iklim dan Udara Bersih. Laporan ini menjelaskan pentingnya kesehatan, ekonomi, dan iklim untuk mengatasi metana di berbagai sektor.

## **Peta Jalan Regulasi untuk Metana Minyak dan Gas (International Energy Agency)**

<https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap>

Badan Energi Internasional (IEA) mengembangkan panduan praktis langkah demi langkah ini. Terlepas dari yurisdiksinya, panduan ini merupakan sumber daya dalam mengembangkan kebijakan minyak dan metana. Peta Jalan ini memandu para pembuat kebijakan melalui proses sepuluh langkah, mulai dari memahami konteks hukum dan politik sampai meninjau dan memperbarui kebijakan.

## **Panduan tentang Pengurangan Metana: Strategi Terbaik untuk Memperlambat Pemanasan dalam Dekade hingga 2030 (Institute for Governance and Sustainable Development)**

[https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer\\_2022.pdf](https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer_2022.pdf)

Sebagaimana dijelaskan oleh Institute for Governance and Sustainable Development (IGSD): Methane Primer ini "memberikan alasan ilmiah dan kebijakan bagi para pengambil keputusan untuk mencapai pengurangan emisi metana yang 'kuat, cepat, dan berkelanjutan' yang diperlukan untuk memperlambat pemanasan global dalam jangka waktu dekat dan membatasi risiko yang dapat memicu titik kritis iklim, ekonomi, dan sosial. Topik yang dibahas meliputi ilmu mitigasi metana dan mengapa tindakan sangat diperlukan; peluang mitigasi saat ini dan yang akan muncul berdasarkan sektor; upaya nasional, regional, dan internasional yang dapat menjadi masukan bagi tindakan global darurat terkait metana, dan inisiatif pembiayaan untuk mendapatkan dukungan untuk aksi pengurangan metana secara cepat. Methane Primer juga mendukung kebutuhan penelitian dan pengembangan teknologi untuk menghilangkan metana dari atmosfer dalam skala besar."

## **Meminimalkan Emisi Gas Rumah Kaca di Sektor Perminyakan (New Producers Group)**

<https://www.newproducersgroup.online/minimising-greenhouse-gas-emissions-in-the-petroleum-sector-the-opportunity-for-emerging-producers/>

Laporan ini fokus pada produsen baru, membantu mereka “merancang undang-undang, sistem regulasi, rezim pemantauan dan proyek” untuk menurunkan emisi gas rumah kaca.

## **Panduan Aksi Subnasional Melawan Metana (Under2 Coalition)**

<https://www.theclimategroup.org/our-work/resources/tackling-methane-guide-subnational-government-action>

Dikembangkan oleh koalisi yang mencakup lebih dari 160 yurisdiksi subnasional, tinjauan ini dirancang untuk memberikan berbagai sumber daya kepada pemerintah kota, negara bagian, dan regional untuk mengatasi metana di berbagai sektor.

## **Solusi Pembiayaan untuk Mengurangi Pembakaran Gas Alam dan Emisi Metana (Bank Dunia [World Bank])**

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/financing-solutions-to-reduce-natural-gas-flaring-and-methane-emissions>

Laporan ini “memberikan kerangka sistematis untuk mengevaluasi kelayakan proyek pengurangan gas suar di lokasi pembakaran gas suar skala menengah. Pendekatan dan alat yang dikembangkan akan membantu pembuat kebijakan dan operator dalam menganalisis berbagai hambatan investasi, mengidentifikasi variabel-variabel kunci dan faktor-faktor keberhasilan, dan memodelkan opsi-opsi keuangan untuk proyek-proyek pengurangan gas suar skala menengah tersebut yang secara historis diabaikan.”

## **Kemitraan Pengurangan Pembakaran Gas Global (Bank Dunia [World Bank])**

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction>

Dana ini mengembangkan program pembakaran gas suar spesifik di suatu negara, berbagi praktik-praktik terbaik, dan menjamin komitmen global untuk mengakhiri pembakaran gas suar rutin. Tujuannya adalah "mengakhiri pembakaran gas suar rutin di lokasi produksi minyak di seluruh dunia."

## **Methane Resources (Center for Law, Energy, and the Environment)**

<http://methaneresources.org>

Para peneliti di University of California, Berkley School of Law, mengembangkan platform ini sebagai titik pengumpulan informasi mengenai pengurangan metana di berbagai sektor. Platform ini mengarahkan pengguna ke serangkaian sumber daya yang komprehensif untuk membantu "pemerintah, dunia usaha, LSM, dan pihak lain memanfaatkan peluang iklim yang penting dengan mengatasi emisi metana."

# **Perangkat**

## **Country Methane Abatement Tool (Clean Air Task Force)**

<https://www.catf.us/comat/>

Dikembangkan oleh Clean Air Task Force, alat ini menawarkan perpaduan yang mudah digunakan dan unik antara alat pengumpulan data, pelaporan, pengikutsertaan, dan perancangan kebijakan yang memungkinkan pengguna memperoleh wawasan, menganalisis data, membangun konsensus, dan mengembangkan rencana mitigasi, karena menyadari bahwa tidak ada solusi yang bisa diterapkan untuk semua masalah emisi metana.

### **Oil Climate Index Plus Gas (Rocky Mountain Institute)**

<https://rmi.org/oci-update-tackling-methane-in-the-oil-and-gas-sector/>

Dikembangkan oleh para ahli terkemuka di Rocky Mountain Institute, alat ini “mengungkapkan ukuran, cakupan, dan sifat masalah metana dengan menghitung dan membandingkan emisi gas rumah kaca dari lebih dari dua pertiga pasokan minyak dan gas dunia.” Laporan ini bermaksud untuk menyajikan penilaian siklus hidup emisi di wellhead dan selama pemrosesan, pemurnian, dan transportasi.

### **Satellite Point Source Emissions Completeness Tool (Rocky Mountain Institute)**

<https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/>

Alat SPECT dirancang untuk membantu pengguna membandingkan satelit untuk kelengkapan dalam "mengidentifikasi dan melacak penghasil emisi metana dalam jumlah tinggi."

### **MiQ**

<https://miq.org/>

MiQ adalah organisasi nirlaba independen yang didirikan oleh RMI dan SYSTEMIQ untuk memfasilitasi pengurangan emisi metana secara cepat dari sektor minyak dan gas. Ini adalah sistem sertifikasi pertama di dunia yang menilai gas berdasarkan emisi metana.

### **The Methane Flaring Toolkit**

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/methane-flaring-toolkit>

Diterbitkan oleh Bank Dunia, dokumen ini memberikan saran dan informasi praktis mengenai pengukuran dan pemantauan emisi metana dari suar gas di industri minyak dan gas.

## **Reporting Templates and Technical Guidance (Oil and Gas Methane Partnership 2.0)**

<https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

Dokumen dan templat panduan ini menyederhanakan proses pelaporan dan menjelaskan konsep utama pengoperasian peralatan minyak dan gas.

## **The Methane Guiding Principles**

<https://methaneguidingprinciples.org/>

Sebanyak 24 anggota dari kalangan industri minyak dan gas menandatangani sejumlah prinsip panduan metana dan berupaya untuk melakukan "tindakan di kalangan industri dan pemerintah untuk mengurangi emisi metana dari rantai pasokan gas alam." Mereka juga "mengembangkan dan berbagi alat dan panduan interaktif praktis untuk membantu pihak lain belajar dari pengalaman mereka dan mempraktikkannya."

## **The Methane Framework Series (Center for Law, Energy, and the Environment)**

<https://methaneresources.org/>

Seri ini memberikan dasar kebijakan untuk pengurangan metana. Seri ini mempersiapkan pemerintah untuk menyadari peluang aksi metana di sektor minyak dan gas serta pertanian, batu bara, dan limbah.

# Sumber Data

## The International Methane Emissions Observatory

<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action>

Program PBB ini "mengkatalisasi pengumpulan, rekonsiliasi, dan integrasi data emisi metana yang berbasis empiris, untuk memberikan transparansi iklim yang belum pernah terjadi sebelumnya dan informasi yang diperlukan untuk mengurangi gas rumah kaca yang sangat kuat ini."

## Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

Carbon Mapper adalah inisiatif nirlaba yang mitranya terdiri dari Arizona State University, University of Arizona, Rocky Mountain Institute, Negara Bagian California, dan Jet Propulsion Laboratory NASA, yang bekerja untuk "menawarkan layanan deteksi kebocoran metana yang cepat kepada operator fasilitas dan regulator" menggunakan teknologi penginderaan jauh. Mereka bertujuan untuk meluncurkan dua satelit pada tahun 2023 untuk menyediakan akses luas terhadap data ini.

## MethaneSAT

<https://www.methanesat.org/>

Inisiatif Environmental Defense Fund ini berencana untuk meluncurkan satelit pada awal tahun 2024. Mereka berjanji untuk mengidentifikasi gumpalan metana dalam jumlah besar "hampir di mana saja di Bumi," dan menyatakan bahwa "mengurangi emisi metana dari minyak dan gas adalah satu-satunya hal tercepat dan paling berdampak yang dapat kita lakukan untuk memperlambat laju pemanasan saat ini."

## **Climate Trace**

<https://climatetrace.org/>

Kemitraan ini menyediakan data terbuka dan tersedia secara gratis mengenai emisi yang diketahui dan diperkirakan, termasuk metana. Hal ini memberikan gambaran umum dan langsung kepada yurisdiksi mengenai profil emisi metana mereka.

## **NASA EMIT**

<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/>

NASA memetakan gumpalan metana besar dengan cakupan global terbatas yang menggunakan instrumen yang melekat pada Stasiun Luar Angkasa Internasional. Alat ini dapat mengidentifikasi beberapa gumpalan di suatu yurisdiksi.

## **TROPOMI**

<http://www.tropomi.eu/data-products/methane>

TROPOMI adalah instrumen di satelit Copernicus Sentinel-5 Precursor, yang digunakan oleh Badan Antariksa Eropa, yang menyediakan data metana.

# Lampiran: Tentang Metana

---

Metana ( $\text{CH}_4$ ) adalah gas rumah kaca (GRK) yang tak berwarna, tak berbau, dan mudah terbakar yang bersumber dari alam dan antropogenik. Sumber antropogenik metana meliputi sektor pertanian, minyak dan gas, batu bara, dan limbah. Dalam industri minyak dan gas, metana juga merupakan gas alam—gas alam yang sama yang digunakan untuk pembangkit listrik, proses industri, mesin pembakaran, aplikasi komersial, serta untuk pemanas dan memasak di rumah-rumah. Selain itu, metana merupakan bahan baku berbagai sumber daya kimia dan sumber daya unsur (hidrogen). Sebagai gas alam, metana merupakan molekul penyusun Gas Alam Terkompresi (Compressed Natural Gas [CNG]), yaitu bahan bakar alternatif untuk kendaraan. Dan metana merupakan penyusun Gas Alam Cair (Liquefied Natural Gas [LNG]), yang merupakan salah satu pergeseran energi terbesar dalam setengah abad terakhir.

## Sumber Metana

Sekitar 60 persen emisi metana global berasal dari aktivitas manusia (antropogenik), dan sisanya berasal dari sumber alami, termasuk lahan basah, air tawar, rembesan geologi, hewan liar, rayap, kebakaran hutan, permafrost, dan tumbuh-tumbuhan.<sup>131</sup>

## Pertanian

Pertanian adalah satu-satunya sumber terbesar emisi metana yang disebabkan oleh aktivitas manusia, dan pengurangan emisi metana di sektor ini akan memperlambat laju pemanasan global jangka pendek. Metana pertanian dilepaskan melalui penyimpanan energi organik dalam kondisi rendah oksigen. Ini mencakup sawah, sistem pencernaan hewan ruminansia, dan, di beberapa negara, kumpulan kotoran di peternakan sapi skala besar.

Teknik pengurangan metana di sektor pertanian dapat mengendalikan emisi sekaligus meningkatkan produksi, yang sering kali meningkatkan keuntungan peternakan dan pertanian.<sup>132</sup> Untuk ternak, solusi metana mencakup perbaikan pola makan yang sederhana, peningkatan praktik pembiakan, bahan tambahan pakan yang melawan metana, perbaikan penyimpanan kotoran, dan penangkapan metana dari kotoran. Strategi untuk padi dapat terdiri atas berbagai varietas tanaman padi dan pengurangan penggunaan air di sawah.

## Energi

Sektor energi (minyak, gas, batu bara, dan bioenergi) menyumbang kurang lebih 33 persen emisi metana antropogenik. Buku panduan ini membahas sumber emisi metana dan opsi pengurangan sumber minyak dan gas secara rinci.<sup>133</sup>

## Limbah

Sektor limbah merupakan sumber gas metana antropogenik terbesar ketiga, yaitu sekitar 20 persen dari total produksi. Pelepasan metana limbah dihasilkan dari pembusukan bahan organik dalam kondisi bebas oksigen, termasuk di tempat pembuangan sampah, fasilitas air limbah, sistem septik, dan jamban. Teknik pengurangan metana di sektor limbah dapat mengendalikan emisi dan, dalam beberapa kasus, mengalihkan energi ini untuk penggunaan produktif, termasuk menjadi produk dan bahan bakar. Menurut Penilaian Metana Global, sekitar 60 persen solusi limbah metana mempunyai ongkos negatif atau tanpa biaya.

Karena tempat pembuangan sampah dan sistem air limbah cenderung dikelola di tingkat subnasional, maka sektor limbah metana memberikan peluang bagi kota, keprajaan, negara

bagian, dan provinsi untuk mengambil peran utama. Meskipun penelitian dalam bidang ini sedang berlangsung, banyak strategi limbah metana sudah mapan dan dapat diterapkan saat ini dengan dampak yang signifikan. Hal ini mencakup program pencegahan sampah dan pengomposan, penutup TPA dan sistem penangkapan gas, serta peningkatan sistem sanitasi air limbah.

Buku pedoman ini hanya membahas emisi metana dari sektor minyak dan gas, namun dapat membantu menginformasikan strategi yang lebih luas yang berfokus pada berbagai sumber emisi metana.

# Akronim

---

|              |   |
|--------------|---|
| <b>AVO</b>   | Audio, Visual, and Olfactory (Audio, Visual, dan Penciuman)                               |
| <b>CATF</b>  | Clean Air Task Force (Satuan Tugas Udara Bersih)  |
| <b>CCAC</b>  | Climate and Clean Air Coalition (Koalisi Iklim dan Udara Bersih)                          |
| <b>CCUS</b>  | Carbon Capture, Use, and Storage (Penangkapan, Penggunaan, dan Penyimpanan Karbon)        |
| <b>CDM</b>   | Clean Development Mechanism (Mekanisme Pembangunan Bersih)                                |
| <b>CoMAT</b> | Country Methane Abatement Tool (Alat Pengurangan Metana Negara)                           |
| <b>DFI</b>   | Development Finance Institution (Lembaga Pembiayaan Pembangunan)                          |
| <b>EDF</b>   | Environmental Defense Fund (Dana Pertahanan Lingkungan)                                   |
| <b>EPA</b>   | Environmental Protection Agency (U.S.) (Badan Perlindungan Lingkungan) (AS)               |
| <b>ESG</b>   | Environmental, Social, and Governance (Lingkungan, Sosial, dan Tata Kelola)               |
| <b>GGFR</b>  | Global Gas Flaring Reduction Partnership (Kemitraan Pengurangan Flaring Gas Global)       |
| <b>GHG</b>   | Greenhouse Gas (Gas Rumah Kaca)   |
| <b>GMP</b>   | Global Methane Pledge (Ikrar Metana Global)   |
| <b>GWP</b>   | Global Warming Potential (Potensi Pemanasan Global)                                       |
| <b>IMEO</b>  | International Methane Emissions Observatory (Observatorium Emisi Metana Internasional)    |
| <b>IPCC</b>  | Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim) |
| <b>IRR</b>   | Internal Rate of Return (Tingkat Pengembalian Internal)                                   |

|               |   |
|---------------|---|
| <b>LDAR</b>   | Leak Detection and Repair (Deteksi dan Perbaikan Kebocoran)   |
| <b>LNG</b>    | Liquefied Natural Gas (Gas Alam Cair)   |
| <b>NOC</b>    | National Oil Company (Perusahaan Minyak Nasional)   |
| <b>MACC</b>   | Marginal Abatement Cost Curve (Kurva Biaya Pengurangan Marginal)  |
| <b>MARS</b>   | Methane Alert and Response System (Sistem Peringatan dan Respons Metana)                                    |
| <b>MDB</b>    | Multilateral Development Bank (Bank Pembangunan Multilateral)   |
| <b>M-RAP</b>  | Methane Roadmap Action Program (Program Aksi Peta Jalan Metana)   |
| <b>MRV</b>    | Monitoring, Reporting, and Verification (Pemantauan, Pelaporan, dan Verifikasi)                             |
| <b>NPV</b>    | Net Present Value (Nilai Bersih Sekarang)   |
| <b>OGCI</b>   | Oil and Gas Climate Initiative (Inisiatif Iklim Minyak dan Gas)   |
| <b>OGI</b>    | Optical Gas Imaging (Pencitraan Gas Optik)  |
| <b>OGMP</b>   | Oil and Gas Methane Partnership (Kemitraan Metana Minyak dan Gas)   |
| <b>SCALE</b>  | Subnational Climate Action Leaders Exchange (Pertukaran Pemimpin Aksi Perubahan Iklim Subnasional)          |
| <b>TPY</b>    | Tons Per Year (Ton per Tahun)   |
| <b>VOC</b>    | Volatile Organic Compound (Senyawa Organik Volatil)   |
| <b>UNEP</b>   | United Nations Environmental Program (Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa)                        |
| <b>UNFCCC</b> | United Nations Framework Convention on Climate Change (Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim) |

# Catatan

---

## Bab 1

- 1 “Manfaat emisi iklim bahkan mungkin di bawah 0,2% jika emisi bersama aerosol dari pembakaran batu bara juga dipertimbangkan.” kutip Gordon D., Reuland F., Jacob D. J., Worden J. R., Shindell D., R Dyson M. (2023) *Mengevaluasi intensitas emisi gas rumah kaca siklus hidup bersih dari gas dan batu bara pada tingkat kebocoran metana yang bervariasi*, Environ. Res. Lett. 18(8): 084008, <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ace3db>

---

- 2 Alvarez R. A. et al. 2018: Penilaian emisi metana dari rantai pasokan minyak dan gas AS, Science 361(6398): 186–88, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar7204>

Howarth R. W. 2014: Sebuah jembatan yang tak menuju ke mana-mana: emisi metana dan jejak gas rumah kaca dari gas alam, Energy Sci. Eng. 2(2): 47–60, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ese3.35>

Schwietzke S., Griffin W. M., Matthews H. S., & Bruhwiler L. M. P. 2014: Tingkat Emisi Fugitive Gas Alam yang Dibatasi oleh Metana dan Etana di Atmosfer Global, Environ. Sci. Technol. 48(14): 7714–22, <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501204c>

---

- 3 Sejumlah nilai dari Penilaian ke-5 Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim Sejumlah nilai Penilaian ke-6 adalah 81,2 dan 27,9 untuk 20 tahun dan 100 tahun.

---

- 4 Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP) dan Koalisi Iklim dan Udara Bersih (CCAC), Penilaian Metana Global 2022: Penilaian Metana Global: Laporan Dasar 2030, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-2030-baseline-report>

- 5 Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP) 2022: Penilaian Global: Beberapa langkah mendesak harus diambil untuk mengurangi emisi metana pada dekade ini, <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/global-assessment-urgent-steps-must-be-taken-reduce-methane>

---
- 6 Ringkasan IPCC AR6 WGII untuk Pembuat Kebijakan Pernyataan Utama, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/spm-headline-statements/>

---
- 7 IEA 2023: Pelacak Metana Global 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

---
- 8 IEA 2023: Pelacak Metana Global 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

---
- 9 Lihat Deklarasi Bersama Importir dan Eksportir Energi tentang Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dari Bahan Bakar Fosil, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/>; Komunikè Beberapa Menteri Iklim, Energi, dan Lingkungan Hidup G7, </energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf>; (paragraf 61), <https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf>; lihat juga Deklarasi Bersama Glasgow AS-Tiongkok tentang Peningkatan Aksi Iklim pada tahun 2020-an, <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>

---
- 10 IEA 2023: Pelacak Metana Global 2023 <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

- 11 Dana Pertahanan Lingkungan 2022: Bagaimana pengurangan emisi metana menciptakan lapangan kerja, <https://www.edf.org/how-reducing-methane-emissions-creates-jobs>

---

- 12 Mark Davis, James Turrito, Ioannis Biniotoglou 2022: Kepemimpinan terkait *flaring* di Mesir: Keberhasilan terkini dan peluang masa depan menjelang COP27, <https://flareintel.com/insights/leadership-on-flaring-in-egypt-recent-successes-and-future-opportunities-in-the-lead-up-to-cop27>

---

## Bab 2

- 13 Pemerintah Ghana 2018: Rencana Aksi Nasional untuk Mengurangi Polutan Iklim Berumur Pendek, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/national-action-plan-mitigate-short-lived-climate-pollutants-ghana>

---

- 14 Kantor Kebijakan Iklim Domestik Gedung Putih 2021: Rencana Aksi Pengurangan Emisi Metana AS, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf>

---

- 15 Koalisi CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/file/9060/download?token%3DfWAlxbrU>

---

- 16 Pemerintah Kanada 2022: Lebih Cepat dan Lebih Jauh: Strategi Metana Kanada, <https://publications.gc.ca/site/eng/9.915545/publication.html>

- 17 Departemen Luar Negeri AS 2022: Ikrar Metana Global: Dari Momen ke Momentum, <https://www.state.gov/global-methane-pledge-from-moment-to-momentum/>
- 
- 18 Koalisi Iklim dan Udara Bersih (CCAC) 2022: Program Aksi Peta Jalan Metana (M-RAP), <https://www.ccacoalition.org/en/activity/methane-roadmap-action-programme-m-rap>
- 
- 19 IEA 2021: Mengurangi Kebocoran Metana dari Industri Minyak dan Gas: Peta Jalan dan Perangkat Regulasi, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
- 
- 20 IEA IEA 2021: Mengurangi Kebocoran Metana dari Industri Minyak dan Gas: Peta Jalan dan Perangkat Regulasi, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
- 
- 21 Badan Energi Internasional 2023: Pelacak Metana Global 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
- 
- 22 Gugus Tugas Udara Bersih 2023: Alat Pengurangan Metana Negara, <https://www.catf.us/comat/>
- 
- 23 Carbon Limits, MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
- 
- 24 Sejumlah nilai dari Penilaian ke-5 Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim. Nilai Penilaian ke-6 masing-masing adalah 81,2 dan 27,9 untuk 20 tahun dan 100 tahun.

- 25 Lihat paragraf 37 Lampiran Keputusan 18/CMA.I: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018\\_3\\_add2\\_new\\_advance.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf)
- 

### Bab 3

- 26 Badan Energi Internasional 2021: Mengurangi Kebocoran Metana dari Industri Minyak dan Gas: Peta Jalan dan Perangkat Regulasi, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
- 
- 27 Peta Jalan dan Perangkat Regulasi IEA.
- 
- 28 Badan Energi Internasional 2022: Perintah Menteri No. 04/2013 – Regulasi Operasi Perminyakan, <https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country%3DEquatorial%2520Guinea%26qs%3DEquatorial%26topic%3DMethane>
- 
- 29 Departemen Badan Energi Internasional 2022: (Alberta) Instruksi AER 060: *Flaring*, Pembakaran, dan *Venting* Industri Minyak Hulu (ketentuan hulu, <https://www.iea.org/policies/8712-alberta-aer-directive-060-upstream-petroleum-industry-flaring-incinerating-and-venting-upstream-provisions?country%3DCanada%26q%3DAlberta%26topic%3DMethane>)
- 
- 30 Badan Energi Internasional 2022: Resolusi No. 806 Tahun 2020 dari ANP, <https://www.iea.org/policies/11752-resolution-no-806-of-2020-from-anp?country%3DBrazil%26topic%3DMethane>

- 31 Badan Energi Internasional 2022: (Saskatchewan) Perintah PNG017: Persyaratan Pengukuran untuk Operasi Minyak dan Gas, <https://www.iaea.org/policies/8900-saskatchewan-directive-png017-measurement-requirements-for-oil-and-gas-operation?s?country%3DCanada%26topic%3DMethane>
- 
- 32 Badan Energi Internasional 2022: Keputusan No. 84-CP 1996, yang merinci implementasi Undang-Undang Perminyakan, <https://www.iaea.org/policies/11905-decree-no-84-cp-1996-detailing-the-implementation-of-the-petroleum-law?country%3DViet%2520Nam%26qs%3Dviet%26topic%3DMethane>
- 

## **Bab 4**

- 33 Laporan RMI "Kenali Minyak dan Gas Anda" (<https://rmi.org/insight/kyog/>) memiliki rekomendasi tambahan yang terperinci.
- 
- 34 Kemitraan Lingkungan 2020: Peremajaan Pengontrol Pneumatik, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
- 
- 35 Prinsip Panduan Metana 2022: Mengurangi emisi metana: perangkat pneumatik, <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/pneumatic-devices/>
- 
- 36 Natural Gas Star 2006: Mengubah Kontrol Pneumatik Gas menjadi Instrumen Udara, [https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll\\_instrument\\_air.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf)

- 37 Kemitraan Lingkungan Hidup 2020; Penghilangan Cairan secara Manual, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/manual-liquids-removal/>
- 
- 38 ExxonMobil 2020: Mitigasi Emisi Metana dari Industri Minyak dan Gas: Model Kerangka Regulasi, <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>
- 
- 39 Kemitraan Lingkungan 2020: Peremajaan Pengontrol Pneumatik, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
- 
- 40 Panduan Metana 2022: Mengurangi emisi metana: perangkat pneumatik.
- 
- 41 Natural Gas Star 2006: Mengubah Kontrol Pneumatik Gas menjadi Instrumen Udara, [https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll\\_instrument\\_air.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf)
- 
- 42 ExxonMobil 2020: Mitigasi Emisi Metana dari Industri Minyak dan Gas: Model Kerangka Regulasi, <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>
- 
- 43 Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA) 2022: Program Tantangan Metana Gas Alam STAR, Praktik Pengelolaan Terbaik (BMP), Opsi Komitmen, <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-challenge-background-best-management-practices-bmp-commitment>

44 Deanna Haines 2016: Perbandingan Studi Kasus melawan Laporan MJB&A 'Emisi dan Opsi Mitigasi Blowdown Jaringan Pipa', <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/case-study-comparisons-against-mjba-report-pipeline-blowdown-emissions>

---

45 Untuk sementara menyetel ulang atau mem-bypass tekanan sebelum pemeliharaan, atau memasang sambungan sementara antara sistem bertekanan tinggi dan sistem bertekanan rendah; keran panas untuk membuat sambungan pipa baru sementara pipa tetap beroperasi untuk menghindari blowdown.

---

## Bab 5

46 <https://miq.org/>

---

47 Kanada, Regulasi yang Menghormati Pengurangan Pelepasan Metana dan Senyawa Organik Volatil Tertentu (Sektor Hulu Minyak dan Gas), SOR/2018-66, <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-66/index.html>

---

48 Idem pada Pasal 20(1).

---

49 Idem pada Pasal 30(2).

---

50 Idem pada Pasal 29(1)(b).

---

51 Idem pada Pasal 35(1).

---

52 Idem pada Pasal 33.

53 Idem pada Pasal 36(1) dan (2).

---

54 Idem pada Pasal 56(1)-(5).

---

55 Idem pada Pasal 56(6).

---

## Bab 6

56 Lihat, misalnya, Bank Dunia: Kemitraan Pengurangan *Flaring* Gas Global (GGFR), <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/about> (terakhir dikunjungi 5 Mei 2023)

---

57 Bank Dunia: Inisiatif Hilangnya *Flaring* Rutin pada tahun 2030 (ZRF), <https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030/about> (terakhir dikunjungi 5 Mei 2023)

---

58 Standar industri mengasumsikan bahwa suar bakar beroperasi dengan efisiensi penghancuran sebesar 98 persen. Lembaga Perminyakan Amerika 2021: Komentarium Metodologi Emisi GRK untuk Industri Minyak dan Gas, hal. 5-4, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>

---

59 Regulasi Nigeria juga memasukkan inspeksi nyala api suar bakar sebagai bagian dari persyaratan LDAR: iii. Inspeksi harus mencakup pengamatan flare stack. Notasi tentang keadaan flare stack:

- Suar bakar menyala – pembakaran memadai
- Menyala – pembakaran buruk (tersendat, berasap, dll.)
- Suar bakar tidak menyala dengan pelepasan gas
- Suar bakar tidak menyala tanpa pelepasan gas

- 60 Departemen Energi 2021: Mengurangi Emisi Metana Setiap Hari Sepanjang Tahun, <https://arpa-e.energy.gov/>
- 
- 61 Bank Dunia 2023: Laporan pelacak *flaring* gas global, <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/publication/2023-global-gas-flaring-tracker-report>
- 
- 62 Pelacak *Flaring* Gas Global Bank Dunia, <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>
- 
- 63 Colombia, Resolución 40066 de 2022, por la cual se establecen requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural durante las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, [https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_minminas\\_40066\\_2022.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40066_2022.htm), lihat juga Bank Dunia, Regulasi *Flaring* dan *Venting* Global: Kolombia, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/colombia>
- 
- 64 Idem pada Pasal 18.
- 
- 65 Idem pada Pasal 22.
- 
- 66 Idem pada pasal 24.
- 
- 67 Pelacak *Flaring* Gas Global Bank Dunia, <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>

68 Kazakhstan, Undang-Undang tentang subsoil dan penggunaan subsoil, Pasal 146, <https://adilet.zan.kz/eng/docs/K1700000125> (terjemahan bahasa Inggris tidak resmi); lihat juga Bank Dunia, Regulasi *Flaring* dan *Venting* Global: Kazakhstan, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/kazakhstan>

---

69 Idem pada Pasal 147(9).

---

70 Idem pada Pasal 147.

---

71 Idem pada Pasal 147(4).

---

## **Bab 7**

72 Nigeria, Pedoman Pengelolaan Emisi Fugitive dan Emisi Gas Rumah Kaca dalam Operasi Hulu Minyak dan Gas di Nigeria, Panduan NUPRC 0024-2022, <https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2022/11/METHANE-GUIDELINES-FINAL-NOVEMBER-10-2022.pdf>

---

73 Idem pada Bagian 3.4.6 (1).

---

74 Idem pada Bagian 3.4.6 (1).

---

75 Idem pada Bagian 3.4.6 (1).

---

76 Idem pada Bagian 3.4.6 (1).

---

77 Idem pada Bagian 3.4.6 (1).

78 Idem pada Bagian 3.4.6 (2).

---

79 Idem pada Bagian 3.4.6 (1).

---

80 Idem pada Bagian 3.4.1 (1)(ii).

---

81 Idem pada Bagian 3.4.6 (2).

---

## Bab 8

82 Kang dkk. (2021): Stimulus sumur minyak dan gas orphaned—Memaksimalkan manfaat ekonomi dan lingkungan, <https://online.ucpress.edu/elementa/article/9/1/00161/116782/Orphaned-oil-and-gas-well-stimulus-Maximizing>

---

83 Lihat, misalnya, Undang-Undang Infrastruktur Bipartisan AS.

---

84 Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat 2022: “Informasi Tingkat Fasilitas EPA tentang alat gas rumah kaca”, <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do>

---

85 Otoritas Transisi Laut Utara 2021: Intensitas Emisi Lepas Pantai UKCS, <https://app.powerbi.com/view?r%3DeyJrIjoiMWEwNTQ3ZWtZjZiMCO0NDRiLTg4MzAtN2M5N2I5MjhlMTYxIiwidCI6ImU2ODFjNTlkLTg2OGUtNDg4Ny04MGZhLWNlMzZmMWYyMWIwZiJ9>

---

86 Intensitas Emisi Lepas Pantai UKCS, Koalisi Iklim dan Udara Bersih 2023: Bantuan Teknis Metana, <https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

- 87 Gugus Tugas Udara Bersih 2023: CoMAT – Alat Pengurangan Metana Negara, <https://www.catf.us/comat/>
- 
- 88 Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat 2023: Program Pelaporan Gas Rumah Kaca (GHGRP), <https://www.epa.gov/ghgreporting>
- 
- 89 Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat 2023: Petunjuk Formulir Pelaporan, <https://ccdsupport.com/confluence/display/help/Reporting+Form+Instructions>
- 
- 90 Kemitraan Metana Minyak dan Gas (Oil and Gas Methane Partnership 2.0 [OGMP 2.0]) 2023: Dokumen dan Templat Panduan, <https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>
- 
- 91 Ibid.
- 
- 92 Carbon Limits 2023: MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
- 
- 93 Lembaga Perminyakan Amerika 2021: Kompendium Metodologi Emisi GRK untuk Industri Minyak dan Gas, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
- 

## Bab 9

- 94 Berdasarkan Dewan Sumber Daya Udara California 2023: Penelitian Titik Api Metana (AB 1496), <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/methane/ab1496-research>

- 95 Evaluasi GTI terhadap Metode Deteksi Metana yang Muncul Temuan Utama 2021, [https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods\\_Dec2021.pdf](https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf)
- 
- 96 Distrik Pengelolaan Kualitas Udara Pesisir Selatan 2023: Survei Seluler Pengukuran Metana, <https://www.aqmd.gov/home/news-events/community-investigations/aliso-canyon-update/air-sampling/mobile-methane-measurement-surveys>
- 
- 97 Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat 2018: Buku Panduan EPA: Penginderaan Optik dan Jarak Jauh untuk Pengukuran dan Pemantauan Fluks Emisi Gas dan Materi Partikulat, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-08/documents/gd-52v.2.pdf>
- 
- 98 Honeywell 2023, <https://www.regulations.gov/comment/EPA-HQ-OAR-2021-0317-2340>
- 99 Kongres Amerika Serikat – H.R.5376 – Undang-Undang Pengurangan Inflasi tahun 2022, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>
- 
- 100 Direktorat Perminyakan Norwegia – Undang-Undang 21 – Desember 1990 no. 72 mengenai pajak atas pembuangan CO<sub>2</sub> dalam aktivitas perminyakan di landas kontinen, <https://www.npd.no/en/regulations/acts/co2-discharge-tax/>

- 101 Departemen Perlindungan Lingkungan Massachusetts 2021: Mengurangi Emisi Metana (CH<sub>4</sub>) dari Jaringan Utama & Jaringan Cabang Gas Alam (310 CMR 7.73), <https://www.mass.gov/service-details/reducing-methane-ch4-emissions-from-natural-gas-distribution-mains-services-310-cmr-773>
- 
- 102 Komentar dikirimkan dalam Berkas EPA No. ID EPA-HQ-0AR-2021-0317. Kitab Undang-Undang Regulasi Colorado 5 CCR 1001-9 Regulasi Nomor 7 Pengendalian Ozon melalui Prekursor Ozon dan Pengendalian Hidrokarbon melalui Emisi Minyak dan Gas dengan mengacu pada penetapan inventarisasi emisi untuk pada akhirnya mendukung target intensitas.
- 
- 103 Inisiatif Metana Global; Pengukuran, Pelaporan, dan Verifikasi Metana. Tersedia di: <https://globalmethane.org/mrv/>
- 
- 104 Lihat misalnya Colorado State University 2021: Kelas Pelatihan OGI, <https://energy.colostate.edu/metec/ogi-training-class/>
- 
- 105 Mozhou Gao, dkk. 2023: Cakupan observasi global sumber metana minyak dan gas dengan TROPOMI, <https://www.researchsquare.com/article/rs-2681923/v1>
- 
- 106 2021 Buku Putih Evaluasi tentang Metode Deteksi Metana yang Muncul, [https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods\\_Dec2021.pdf](https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf)
- 
- 107 Inisiatif Iklim Minyak dan Gas 2020: Menerapkan teknologi deteksi dan kuantifikasi metana secara efektif, <https://www.ogci.com/news/deploying-methane-detection-and-quantification-technologies-effectively>

- 108 Chevron 2022: Laporan Metana, hal.9, <https://www.chevron.com/-/media/shared-media/documents/chevron-methane-report.pdf>
- 

## Bab 10

- 109 Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat 2023: Kebijakan Audit EPA, <https://www.epa.gov/compliance/epas-audit-policy>
- 

- 110 IEA 2021: Mengurangi Kebocoran Metana dari Industri Minyak dan Gas, hal. 58, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
- 

- 111 Dana Pertahanan Lingkungan 2019: Jalur untuk Kepatuhan Alternatif: Kerangka Kerja untuk Memajukan Inovasi, Perlindungan Lingkungan, dan Kemakmuran, [https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport\\_0.pdf](https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport_0.pdf)
- 

## Bab 11

- 112 CPI 2022: Lanskap Pembiayaan Pengurangan Metana, <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/07/Landscape-of-Methane-Abatement-Finance.pdf>
- 

- 113 IEA 2022: Pelacak Metana Global 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/estimating-methane-emissions>

- 114 CPI 2022: Lanskap Pembiayaan Pengurangan Metana.
- 
- 115 IEA 2022: Pelacak Metana Global 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022>
- 
- 116 IEA 2023: Emisi metana tetap tinggi pada tahun 2022 meskipun melonjaknya harga energi membuat tindakan untuk menguranginya menjadi lebih murah dari sebelumnya. <https://www.iea.org/news/methane-emissions-remained-stubbornly-high-in-2022-even-as-soaring-energy-prices-made-actions-to-reduce-them-cheaper-than-ever>
- 
- 117 CBS News 17 April 2020: \$1,7 miliar untuk membersihkan sumur-sumur orphaned dan terlantar dapat menciptakan ribuan lapangan kerja, <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/federal-oil-and-gas-orphan-wells-program-1.5535943>
- 
- 118 Departemen Keuangan AS: Panduan Energi Bahan Bakar Fosil untuk Bank Pembangunan Multilateral (MDB), <https://home.treasury.gov/system/files/136/Fossil-Fuel-Energy-Guidance-for-the-Multilateral-Development-Banks.pdf>
- 
- 119 Departemen Luar Negeri Amerika Serikat 2022: Deklarasi Bersama Importir dan Eksportir Energi tentang Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dari Bahan Bakar Fosil, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/>

- 120 Jika pasar karbon sukarela beroperasi di lingkungan di mana regulasi berlaku, maka kriteria tambahan harus ditentukan. Jika regulasi mewajibkan pengurangan, maka pengurangan emisi tersebut tidak akan dianggap sebagai “tambahan” dan tidak memenuhi syarat untuk penyeimbangan di pasar karbon.
- 
- 121 IEA 2020: Pelacak Metana Global 2020, <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/methane-abatement-options>
- 
- 122 Bank Dunia 2022: Solusi Pembiayaan untuk Mengurangi Flaring Gas Alam dan Emisi Metana, <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/27e9b31f-c8bf-5fa4-aeechap3-3576d60e1a48/content>
- 
- 123 Bank Dunia 2022: Solusi Pembiayaan untuk Mengurangi Pembakaran Gas Alam dan Emisi Metana, <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>
- 
- 124 Ecofys 2004: Panduan Pengenalan Proyek Mekanisme Pembangunan Bersih di Sejumlah Negara Transisi Awal, hal.3, <https://www.oecd.org/env/outreach/34595305.pdf>
- 

## Bab 12

- 125 IEA, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/marginal-abatement-cost-curve-for-oil-and-gas-related-methane-emissions-globally>

- 126 Climate Group: Lebih Lanjut, Lebih Cepat, Bersama: Aksi Pemimpin di Bawah 2 Tahun di COP26, <https://www.theclimategroup.org/further-faster-together-under2-leaders-actions-cop26>, (terakhir dikunjungi pada 5 Mei 2023)
- 
- 127 Departemen Luar Negeri AS 2022: Departemen Luar Negeri AS dan Filantropi Bloomberg Mengumumkan Dukungan untuk Pertukaran Pemimpin Aksi Iklim Subnasional, <https://www.state.gov/u-s-state-department-and-bloomberg-philanthropies-announce-support-for-the-subnational-climate-action-leaders-exchange/>
- 
- 128 OGCI: OGCI Bertujuan untuk Inisiatif Nol Emisi Metana, <https://aimingforzero.ogci.com/>
- 
- 129 Koalisi CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/activity/reducing-methane-emissions-mexico's-oil-and-gas-sector>
- 
- 130 Koalisi CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/news/harnessing-law-slash-methane-emissions-oil-and-gas-industry-0>
- 

## Lampiran

- 131 PBB Penilaian Metana Global <http://ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>

132 Kerangka kerja ini tidak membahas beberapa isu penurunan pasokan atau permintaan daging, yang mungkin merupakan komponen kunci dari strategi pengurangan emisi jangka panjang. Para pembuat kebijakan yang menyusun strategi berdasarkan kerangka ini harus berhati-hati untuk menghindari terciptanya insentif yang merugikan atau membatasi program yang dapat menghambat upaya di masa depan.

---

133 UNEP and CACC 2022: Penilaian Metana Global: Laporan Dasar 2030, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>

# Kolofon

---

Karya ini diizinkan untuk digunakan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY NC SA).

Buku ini ditulis dengan menggunakan metode Book Sprints ([www.booksprints.net](http://www.booksprints.net)) pada Mei 2023.

Penulis: Adam Pacsi, Chathura Wijesinghe, Darin Schroeder, Deanna Haines, Eric Camp, Gil Damon, K.C. Michaels, Kenyon Weaver, Mohamed Badissy, Naadira Ogeer, Rafiqul Islam, Ryan Wong, Steve Wolfson

Fasilitator Book Sprints: Barbara Rühling

Editor naskah: Raewyn Whyte, Christine Davis

Perancang buku HTML: Manuel Vazquez

Ilustrator dan desainer sampul: Lennart Wolfert, Henrik van Leeuwen

Foto sampul: Tangkapan layar selebaran dari rekaman video termografik yang diambil dengan kamera inframerah dan tersedia untuk Reuters pada 10 Juni 2021 oleh Satuan Tugas Udara Bersih (CATF)

Font: Inria by The Black[Foundry], Techna by Carl Enlund, Faune by Alice Savoie

Dokumen ini dapat dikutip sebagai: Pengurangan Metana untuk Minyak dan Gas: Buku Panduan untuk Para Pembuat Kebijakan (2023).



Didanai oleh:

# Bureau of Energy Resources

U.S. DEPARTMENT *of* STATE

Dikembangkan oleh:



# CLDP

COMMERCIAL LAW DEVELOPMENT PROGRAM

Kontributor Kelembagaan:

