

Pengurangan Pelepasan Gas Metana untuk Minyak dan Gas

Buku Panduan untuk Pembuat Dasar



Penyampai Kata daripada Setiausaha Raimondo

Perubahan iklim merupakan cabaran global yang sangat besar. Amerika Syarikat telah bangkit untuk menghadapi cabaran ini. Dalam Perintah Eksekutif 14008, Pentadbiran Biden-Harris menyedari bahawa sekarang adalah masanya untuk bertindak bagi mengelakkan kesan krisis iklim yang terburuk selain merebut peluang yang ada dalam menangani perubahan iklim. Jabatan Perdagangan A.S. menjadi sebahagian daripada usaha seluruh kerajaan ini untuk menangani cabaran iklim dan memastikan peralihan yang adil dan pantas ke arah masa depan karbon yang lebih rendah, mampan dan makmur.

Pelepasan gas metana merupakan penyumbang utama kepada perubahan iklim. Langkah mengurangkan pelepasan gas metana juga menyediakan satu peluang yang unik. Atas sebab itu, pada tahun 2021, Amerika Syarikat dan para rakan kongsi antarabangsanya telah mewujudkan Ikrar Gas Metana Global. Di bawah Ikrar ini, negara komited untuk mengurangkan secara kolektif gas metana sebanyak 30% menjelang tahun 2030 daripada paras tahun 2020. A.S. dan rakan kongsinya sedang giat berusaha membantu negara-negara menerima dasar pengurangan gas metana, menggerakkan pembiayaan gas metana, menggunakan teknologi dan amalan pengurangan serta memperbaharui undang-undang dan peraturan.

Di Jabatan Perdagangan A.S., Program Pembangunan Undang-undang Komersial (Commercial Law Development Program, CLDP) Pejabat Peguam Negara telah membantu negara mengemas kini undang-undang dan peraturan komersial masing-masing sejak lebih 30 tahun. CLDP kini menganjurkan bimbingan percuma, boleh diakses, sesuai untuk tujuan untuk para pembuat dasar dan pengawal selia untuk mengurangkan pelepasan gas metana daripada rantai nilai minyak dan gas.

Dalam membangunkan buku panduan ini, CLDP telah menghimpunkan sekumpulan pakar pengurangan gas metana daripada Kerajaan A.S., institusi berbilang pihak, pertubuhan bukan kerajaan, industri dan ahli akademik. Para pengarang

ini dan ramai lagi penyokong buku panduan ini secara kolektif mengorbankan masa mereka yang bernilai secara sukarela. Hasilnya ialah panduan yang kini boleh digunakan oleh para pengubal undang-undang, pegawai kementerian dan pengawal selia

dari seluruh dunia untuk merangka, menerima pakai dan menguatkuasakan undang-undang baharu yang akan mengurangkan gas metana daripada proses minyak dan gas dengan pantas dan berkesan.

Buku panduan ini turut meluaskan skop bagi siri yang dibangunkan oleh CLDP di bawah Power Africa, yang dipanggil *Understanding Power*: sebuah perpustakaan pengetahuan sumber terbuka dan dalam bahasa yang mudah bagi buku panduan yang menerangkan tentang pelbagai topik penting berkaitan kontrak, pembiayaan dan pemerolehan projek tenaga. Selain menyokong Ikrar Gas Metana Global dan matlamat iklim Amerika Syarikat, buku panduan ini meningkatkan lagi objektif perdagangan iklim dan teknologi bersih.

Saya berterima kasih kepada CLDP dan para pengarang, penaja dan penyokong yang membangunkan sumbangan penting ini untuk usaha kolektif kita melaksanakan tindakan iklim. Kita boleh menangani krisis iklim, merebut peluang ekonomi dan mengatasi cabaran ini bersama-sama.



Gina M. Raimondo

Setiausaha Perdagangan A.S.

K A N D U N G A N

PETUNJUK BAGI BUKU PANDUAN	8
-----------------------------------	----------

1. PELUANG GAS METANA	14
------------------------------	-----------

- a. Perubahan Peranan Gas Metana dalam Sektor Minyak dan Gas 15
- b. Gas Metana dan Cabaran Iklim 17
- c. Gas Metana dalam Rantaian Nilai Minyak dan Gas 18
- d. Peluang: Pengurangan Gas Metana daripada Minyak dan Gas 20

2. PERANCANGAN UNTUK MENGURANGKAN PELEPASANG GAS METANA DARIPADA SEKTOR MINYAK DAN GAS	26
---	-----------

- a. Pelan Tindakan Gas Metana Negara 27
- b. Pelan Pengurangan untuk Sektor Minyak dan Gas 31
- c. Menyesuaikan Dasar Gas Metana dengan Konteks Tempatan 35
- d. Sumber yang Berguna 38

3. MEMULAKAN PERATURAN PENGURANGAN GAS METANA	39
--	-----------

- a. Strategi Dasar dan Kawal Selia yang Berpotensi 40
- b. Menilai Undang-undang dan Institusi Sedia Ada 45
- c. Penglibatan Pihak Berkepentingan 48
- d. Memanfaatkan Tindakan Sukarela oleh Industri 50
- e. Pendekatan Lazim dalam Peraturan Sedia Ada 51

4. SUMBER GAS METANA OLEH SEGMENT PASARAN MINYAK DAN GAS	52
a. Huluan	54
b. Pertengahan	58
c. Hiliran	65
5. PENGESANAN DAN PEMBAIKAN KEBOCORAN (LDAR)	69
a. Ciri-ciri Peraturan LDAR	71
b. Contoh: Keperluan LDAR Persekutuan Kanada	74
6. PENYALAAAN DAN PELOHONGAN	80
a. Ciri-ciri Peraturan Penyalaan dan Pelohongan	82
b. Contoh: Sekatan Penyalaan dan Pelohongan di negara Colombia	84
c. Contoh: Penggunaan Gas Bersekutu di Kazakhstan	91
7. PIAWAIAN PERALATAN DAN PROSES	95
a. Bentuk Tipikal Peraturan Peralatan atau Proses	97
b. Contoh: Peraturan Piawaian Peralatan di Nigeria	100
8. INVENTORI	107
a. Inventori Pelepasan berbanding Pengawasan	109
b. Data yang Diperlukan untuk Inventori Pelepasan	110
c. Inventori Telaga yang Dipalam dan Ditinggalkan	111
d. Pertimbangan Reka Bentuk untuk Membangunkan Program Pelaporan dan Inventori Pelepasan	113
e. Sumber Tersedia untuk Menyokong Pembangunan Inventori	115

9. PENGAWASAN

121

-
- a. Teknologi Pengawasan Yang Tersedia 122
 - b. Keperluan Pengawasan untuk Menyokong Rangka Kerja Kawal Selia 128
 - c. Pertimbangan Protokol Pengawasan, Pelaporan dan Pengesahan 129
 - d. Sokongan yang Disediakan untuk Kerajaan 131
 - e. Sumber yang Berguna 134

10. MEMASTIKAN PEMATUHAN

136

-
- a. Menyampaikan Jangkaan 138
 - b. Penguatkuasaan 144
 - c. Membangunkan Pelan Pemeriksaan 147

11. PEMBIAYAAN UNTUK PENGURANGAN GAS METANA

149

-
- a. Jurang Pembiayaan 151
 - b. Arah Aliran Pembiayaan 157
 - c. Sokongan Ekonomi untuk Pengurangan Gas Metana 160
 - d. Mengewangkan Pengurangan Gas Metana 163

12. MEMBINA KAPASITI UNTUK TINDAKAN

167

-
- a. Kepakaran yang Diperlukan untuk Pengurusan Gas Metana 168
 - b. Membangunkan Strategi untuk Membina Kapasiti 170

13. SUMBER UNTUK PELAKSANAAN **179**

a. Nasihat Pakar Khusus	180
b. Pembiayaan	182
c. Panduan	184
d. Alat-alat	187
e. Sumber Data	189

LAMPIRAN: TENTANG GAS METANA **191**

AKRONIM **195**

NOTA **198**

KOLOFON **219**

Petunjuk bagi Buku Panduan

Buku Ini Untuk Siapa?

Komuniti antarabangsa komited untuk mengurangkan pelepasan gas metana dengan pantas daripada operasi minyak dan gas untuk memenuhi objektif perubahan iklim dan meningkatkan keselamatan ekonomi dan tenaga. Walau bagaimanapun, masih banyak negara yang perlu memahami cara untuk mencapai objektif ini. Buku panduan ini memperkenalkan beberapa pilihan untuk mengurangkan gas metana dalam sektor minyak dan gas kepada para pegawai kerajaan dan membimbang mereka dalam reka bentuk dan pelaksanaan peraturan. Buku panduan ini mengandungi pengajaran yang diperoleh daripada skim pengawalseliaan di pelbagai negara. Pegawai kerajaan yang terlibat dalam semua aspek sektor minyak dan gas boleh memanfaatkan buku panduan ini.

Apakah Skop Buku Ini?

Buku panduan ini menerangkan peluang pengurangan gas metana, teknologi pengurangan gas metana dan cara membangunkan dan melaksanakan dasar dan peraturan pengurangan gas metana secara berkesan. Ia menyediakan contoh berguna dan kajian kes peraturan pengurangan gas metana terbaru yang diterima pakai oleh negara-negara di seluruh dunia. Buku panduan ini hanya mengetengahkan beberapa teknologi pengurangan gas metana yang tertentu secara mendalam dan memfokuskan pada perkara penting tentang topik tersebut. Ia meringkaskan perkara yang dirasakan amat penting oleh para pengarang apabila mempertimbangkan peraturan dan pelaksanaan pengurangan gas metana. Buku panduan ini bukanlah bertujuan menyokong dasar pengurangan gas metana tertentu tetapi untuk memberi gambaran keseluruhan tentang pilihan yang ada.

Siapakah Pengarang Buku Ini?

Para pengarang buku panduan ini terdiri daripada para pengamal sektor tenaga yang pelbagai. Mereka terdiri daripada pegawai kerajaan, jurutera, pakar dasar awam, peguam dan ahli akademik. Tujuan buku panduan ini adalah untuk merakamkan secara kolektif pengalaman praktikal dan pengetahuan semasa para pengarang. Walau bagaimanapun, ia mungkin tidak mewakili kedudukan dasar organisasi, institusi, negara dan/atau syarikat yang mana pengarang individu tersebut berada atau telah bergabung. Untuk pandangan sedemikian, sila rujuk kepada penerbitan dan laman web organisasi, institusi, negara dan/atau syarikat masing-masing.

Mengurangkan pelepasan gas metana merupakan satu isu rumit yang boleh difahami melalui pembelajaran berterusan oleh pihak berkepentingan serta dengan kemajuan teknologi. Bidang pengkhususan pengarang yang pelbagai membolehkan buku panduan menangani kerumitan ini dalam format yang mudah difahami – dengan menampilkan isu-isu dan pilihan alternatif dengan pengarang mengambil bahagian atau tidak dalam topik tertentu berdasarkan kepakaran masing-masing. Para pengarang berharap buku panduan ini akan meningkatkan kemajuan dan pelaksanaan dasar dan peraturan pengurangan gas metana serta menyumbang kepada pengurangan pelepasan gas metana global dalam sektor minyak dan gas.

Bagaimakah Buku Ini Dibangunkan?

Buku panduan itu diterbitkan menggunakan kaedah Book Sprints (www.booksprints.net) yang membolehkan draf, penyuntingan dan penerbitan buku yang lengkap dalam masa lima hari sahaja. Para pengarang mengucapkan terima kasih kepada fasilitator Book Sprint, Barbara Rühling atas kesabaran beliau membimbing dan menerajui penerbitan buku ini sepanjang proses mendraf hampir 75 jam. Pengarang juga berterima kasih kepada Henrik van Leeuwen dan Lennart Wolfert kerana mengubah cakaran tergesa-gesa kami menjadi ilustrasi

yang cantik dan bermakna. Kami juga ingin mengiktiraf usaha gigih oleh penyunting naskhah Book Sprints, Raewyn Whyte dan Christine Davis.

Pengarang ingin mengiktiraf para individu dan institusi berikut yang membantu memfokuskan dialog untuk membina konsensus tentang potensi untuk buku panduan ini: Biro Sumber Tenaga, Jabatan Negara A.S.; Duta Khas untuk Iklim, Jabatan Negara A.S.; dan Stephen Gardner (Program Pembangunan Undang-undang Komersial, Jabatan Perdagangan A.S.). Pengarang juga mengucapkan terima kasih kepada mereka yang memberikan sokongan sepanjang proses mendraf buku panduan: Martin Oswald dari Bank Dunia; Shareen Yawanarajah dari Dana Pertahanan Alam Sekitar; Dan McDougall dari Gabungan Iklim dan Udara Bersih; Meghan Demeter dari Program Alam Sekitar Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu; Mark Davis dari Capterio; Riley Duren dan Daniel Bon dari Carbon Mapper; Dr. Gabrielle Dreyfus dan Tad Ferris dari Institut Tadbir Urus dan Pembangunan Mampan; dan Osasu Dorsey dari Pentadbiran Keselamatan Saluran Paip dan Bahan Berbahaya A.S. Di samping itu, perancangan dan pembangunan yang teliti telah diusahakan untuk membentuk konsep buku panduan ini. Pengarang juga mengucapkan terima kasih atas sumbangan dana daripada Biro Sumber Tenaga, Tenaga dan Program Tadbir Mineral Jabatan Negara A.S., yang membiayai buku ini sepenuhnya.

Bagaimakah Cara Menggunakan Buku Ini?

Dalam tradisi perkongsian pengetahuan sumber terbuka, buku panduan ini bertujuan untuk mencerminkan ciri bersemangat proses Book Sprint dan berfungsi sebagai rujukan dan titik permulaan untuk perbincangan dan kesarjanaan selanjutnya. Ia dikeluarkan di bawah Lesen Antarabangsa Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY NC SA). Dalam memilih lesen penerbitan ini, sesiapa sahaja dialu-alukan untuk menyalin, memetik, mengolah semula, menterjemah dan menggunakan semula teks untuk sebarang tujuan bukan

komersial tanpa meminta kebenaran daripada pengarang, selagi karya yang dihasilkan juga diterbitkan di bawah Lesen Creative Commons. Buku panduan ini diterbitkan pada asalnya dalam bahasa Inggeris. Terjemahan mungkin akan menyusul tidak lama lagi. Ia terdapat dalam bentuk elektronik di <https://cldp.doc.gov/resources> dan dalam bentuk cetakan. Buku panduan ini juga boleh digunakan sebagai sumber interaktif dalam talian. Kebanyakan pengarang yang menyumbang juga komited untuk bekerja dalam institusi masing-masing bagi mengguna pakai sumber ini sebagai asas kepada kursus latihan dan inisiatif bantuan teknikal.

Yang benar,
Pengarang Penyumbang

<p>Dr. Md. Rafiqul Islam Bahagian Tenaga & Sumber Galian <i>Kerajaan Bangladesh</i> (Bangladesh)</p>	<p>Chathura Wijesinghe <i>Pihak Berkuasa Pembangunan Petroleum</i> (Sri Lanka)</p>
<p>Kenyon Weaver Program Pembangunan Undang-undang Komersial <i>Jabatan Perdagangan A.S.</i> (Amerika Syarikat)</p>	<p>Eric Camp Program Pembangunan Undang-undang Komersial <i>Jabatan Perdagangan A.S.</i> (Amerika Syarikat)</p>
<p>Mohamed Badissy <i>PennState Dickinson Law</i> (Amerika Syarikat)</p>	<p>Gil Damon <i>UC Berkeley School of Law</i> (Amerika Syarikat)</p>
<p>Deanna Haines <i>Honeywell</i> (Amerika Syarikat)</p>	<p>K.C. Michaels <i>Agensi Tenaga Antarabangsa</i> (Perancis)</p>
<p>Naadira Ogeer <i>Sekretariat Komanwel</i> (Trinidad and Tobago)</p>	<p>Dr. Adam Pacsi <i>Chevron</i> (Amerika Syarikat)</p>
<p>Darin Schroeder <i>Pasukan Petugas Udara Bersih</i> (Amerika Syarikat)</p>	<p>Steve Wolfson <i>Agensi Perlindungan Alam Sekitar A.S.</i> (Amerika Syarikat)</p>
<p>Dr. Ryan Wong <i>Northumbria University</i> (United Kingdom)</p>	

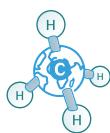
1. Peluang Gas Metana

Mengapa Negara Perlu Mengurangkan Pelepasan Gas Metana dalam Sektor Minyak dan Gas Sekarang

Ringkasan Penting

- Gas Metana, komponen utama dalam gas asli, merupakan komoditi global dan juga gas rumah hijau (green house gas, GHG) yang menyumbang kepada perubahan iklim.
- Pengurangan gas metana jangka pendek dalam semua sektor ekonomi, termasuk minyak dan gas, adalah penting untuk mencapai matlamat iklim global.
- Pengurangan pelepasan gas metana boleh menjana hasil, menambah baik akses tenaga, mewujudkan peluang kerja, menyediakan akses kepada pelaburan, meningkatkan keselamatan, memajukan kesihatan komuniti dan menyerlahkan kepimpinan.
- Kerajaan boleh mereka bentuk dasar pengurangan pelepasan gas metana industri minyak dan gas yang berkesan untuk memanfaatkan semua pihak.
- Kerajaan harus merebut peluang gas metana, mengurangkan pelepasan dan memajukan matlamat ekonomi dan sosial mereka.

Perubahan Peranan Gas Metana dalam Sektor Minyak dan Gas



Gas Metana yang memiliki formula kimia CH_4 , ialah komponen utama dalam gas asli. Peranan gas asli dalam sistem tenaga telah mengalami perubahan yang ketara selepas beberapa lama.

Ketika minyak ditemui dan dihasilkan buat pertama kali, gas asli dilihat sebagai produk yang bahaya dan tidak diperlukan yang ditemui bersama-sama dengan simpanan minyak. Pada masa itu, gas asli merupakan satu gangguan yang perlu diuruskan. Untuk memasarkan minyak, kebanyakan pengeluar membuang gas asli dengan menyalurkannya ke udara atau membakar (iaitu "menyalakan") gas.

Hari ini, gas asli memainkan peranan penting dalam campuran tenaga bagi kebanyakan negara. Gas asli digunakan dalam penjanaan kuasa, industri dan di bandar-bandar untuk pemanasan. Ia juga merupakan stok suapan yang penting untuk menghasilkan baja, ammonia serta produk kimia dan petrokimia yang lain. Ia telah banyak menggantikan arang batu dan bahan api cecair untuk kediaman, industri dan stesen jana kuasa di sesetengah pasaran—meningkatkan kualiti udara di bandar-bandar seluruh dunia dan mengurangkan pelepasan karbon dioksida. Walau bagaimanapun, kajian menunjukkan bahawa penggantian arang batu kepada gas hanya menghasilkan manfaat iklim bersih,¹ apabila kadar kebocoran gas metana berada di bawah 2.4-3.4 peratus.²

Kemunculan pengangkutan pencecairan gas berskala besar pada tahun 1950-an bermakna gas asli bukan sahaja boleh digerakkan oleh saluran paip. Negara yang berdepan dengan penurunan rizab gas asli domestik atau pilihan yang terhad untuk membina stesen janakuasa baharu sebaliknya boleh memanfaatkan gas asli cecair (LNG) yang diimport.

Gas asli — dahulunya bahan yang mengganggu dan bahaya—kini menjadi sumber tenaga dan pendapatan yang penting bagi banyak negara yang bergantung pada bahan ini untuk pertumbuhan ekonomi. Malah sesetengah negara pada masa ini sedang meningkatkan penggunaan gas asli untuk membangunkan ekonomi atau mengambil tempat sumber bahan api dengan kandungan karbon yang tinggi seperti arang batu. Negara yang lain pula sebaliknya sedang menilai mengurangkan penggunaan gas asli sebagai sebahagian daripada pelan peralihan tenaga mereka. Agensi Tenaga Antarabangsa mendapat laluan yang konsisten dengan memenuhi matlamat pelepasan karbon sifar bersih menjelang tahun 2050 memerlukan pengurangan tahap pelepasan oleh sektor minyak dan gas sebanyak separuh menjelang akhir dekad ini dan mengurangkan jumlah penggunaan minyak dan gas.

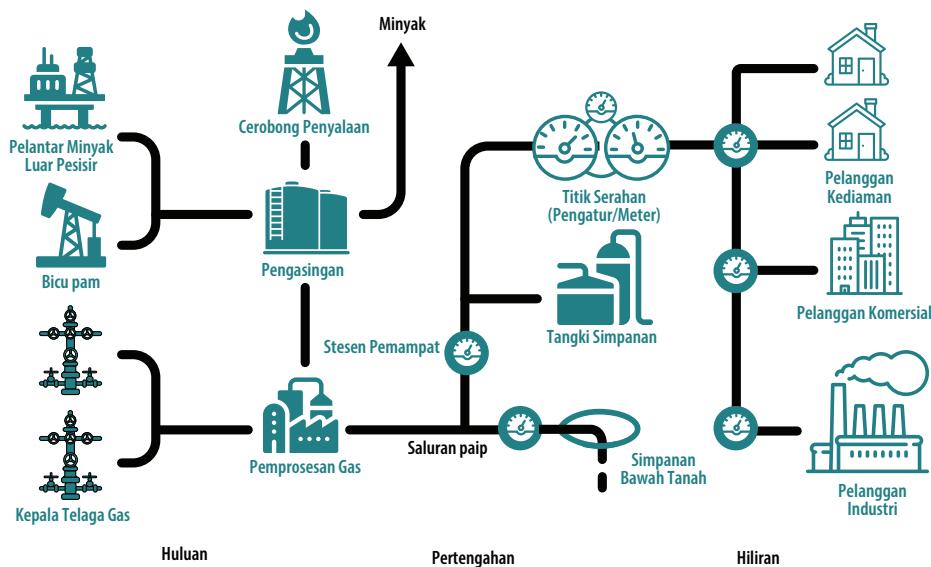
Gas Metana dan Cabaran Iklim

Gas metana ialah gas rumah hijau (GHG) jangka hayat pendek yang kuat dan terurai di atmosfera dalam anggaran 12 tahun. Berdasarkan Laporan Penilaian Kelima dari IPCC, kesan metana dianggarkan kira-kira 84 kali lebih besar daripada karbon dioksida apabila dipuratakan sepanjang 20 tahun dan kira-kira 28 kali lebih kuat apabila dipuratakan sepanjang 100 tahun.³ Menurut Pentadbiran Lautan dan Atmosfera Negara, kepekatan gas metana di atmosfera telah meningkat dua kali ganda sejak zaman pra perindustrian (~715 bahagian per bilion (ppb) kepada ~1912 ppb pada tahun 2022), dan gas metana dari semua sumber, semula jadi dan antropogen, merupakan GHG yang kedua paling banyak.⁴

Seperti yang dinyatakan dalam Ikrar Metana Global, “langkah-langkah pelepasan gas metana sedia ada yang menjimatkan kos berpotensi untuk mengelakkan pemanasan lebih 0.2 darjah C menjelang tahun 2050.”⁵ Penyelesaian untuk mengurangkan pelepasan gas metana perlu diusahakan bersama-sama dengan pengurangan pelepasan GHG yang lain, terutamanya karbon dioksida, bagi memenuhi matlamat iklim global secara lebih berkesan.

Usaha mengurangkan gas metana dalam jangka pendek menjadi komponen penting untuk mencapai matlamat iklim global dan boleh mengehadkan kadar pemanasan global. IPCC mengesyorkan pemotongan gas metana yang “kukuh, pantas dan mampan”.⁶

Gas Metana dalam Rantaian Nilai Minyak dan Gas



Rajah 1.1: Ilustrasi pelbagai segmen rantaian nilai minyak dan gas yang berbeza.

Gas metana boleh dikeluarkan daripada keseluruhan rantaian nilai minyak dan gas yang terdiri daripada tiga segmen:

- **Huluan.** Pengeluaran, pengumpulan dan pemprosesan minyak dan gas.
- **Pertengahan.** Penghantaran gas melalui saluran paip atau sebagai aktiviti LNG dan penyimpanan.
- **Hiliran.** Pengangkutan dan penapisan minyak dan sistem untuk pengagihan gas tempatan kepada pengguna.

Kebanyakan pelepasan gas metana oleh operasi minyak dan gas jatuh dalam satu daripada tiga kategori:



Penyalaan. Pembakaran gas asli secara sengaja untuk melegakan tekanan dalam keadaan terganggu atau apabila tidak dapat menghantar gas untuk jualan. Apabila nyalaan membakar gas asli, kebanyakan gas metana bertukar menjadi CO₂, tetapi sebahagian gas metana kekal tidak terbakar.

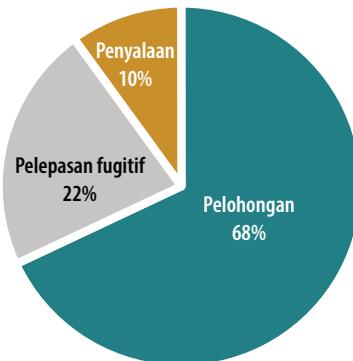


Pelohongan. Pelepasan gas asli secara sengaja secara terus ke udara berikutan proses atau aktiviti secara langsung ke udara.



Pelepasan fugitif. Pelepasan gas metana secara tidak sengaja akibat kebocoran, misalnya daripada injap atau bebibir. Oleh sebab gas metana tidak berbau dan tanpa warna, kebocoran mungkin tidak dapat dikesan tanpa pemeriksaan yang kerap.

Agensi Tenaga Antarabangsa (International Energy Agency, IEA) menganggarkan pelepasan gas metana global daripada aktiviti minyak dan gas berjumlah 82 juta tan metrik pada tahun 2022.⁷ Rajah 1.2 menunjukkan perbandingan secara relatif antara pelepasan penyalaan, pelohongan dan pelepasan fugitif.



Rajah 1.2: Sumber pelepasan gas metana dalam sektor petroleum dan gas asli (2021).⁸

Peluang: Pengurangan Gas Metana daripada Minyak dan Gas

Kerajaan telah mula mengutamakan pengurangan gas metana dalam jangka pendek berikutan peningkatan pengetahuan dalam bidang ini. Lebih daripada 150 buah negara telah menyertai Ikrar Gas Metana Global ketika buku panduan ini ditulis. Ikrar Gas Metana Global antaranya termasuk komitmen untuk “bekerjasama secara kolektif untuk mengurangkan pelepasan gas metana antropogen global merentas semua sektor sebanyak sekurang-kurangnya 30 peratus di bawah paras tahun 2020 menjelang tahun 2030.” Fora antarabangsa lain juga telah mengiktiraf gas metana sebagai isu keutamaan⁹

Sektor minyak dan gas bukan sumber tunggal atau paling besar bagi gas pelepasan metana antropogen. Tiga sektor utama menjadi pelepasan gas metana yang paling berpunca daripada manusia: tenaga, pertanian dan sisa buangan. Setiap sektor ini memerlukan pendekatan masing-masing dalam usaha mengurangkan gas metana. Walaupun dokumen ini memberi tumpuan kepada gas metana minyak dan gas, negara-negara boleh memaksimumkan manfaat pengurangan gas metana

dengan mengambil tindakan secara serentak dalam sektor-sektor lain.

Perkembangan terbaru dalam pengesanan jarak jauh menunjukkan bahawa sektor tenaga mempunyai peluang untuk mengurangkan pelepasan gas metana dalam tempoh jangka pendek. Dalam tahun 2022, IEA menganggarkan bahawa sektor minyak dan gas dunia telah melepaskan ~82 juta tan gas metana dan ~70 peratus daripada pelepasan gas metana daripada operasi bahan api fosil global boleh dikurangkan menggunakan teknologi yang diketahui ramai yang ada sekarang.¹⁰

Pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas boleh memanfaatkan semua pihak. Pengurangan gas metana yang cepat daripada minyak dan gas boleh dicapai dan usaha ini boleh dan mampu menggalakkan pertumbuhan ekonomi yang menyeluruh, mewujudkan peluang pekerjaan, kesihatan masyarakat, keselamatan pekerja dan daya saing antarabangsa. Pengurangan gas metana minyak dan gas adalah peluang untuk mengurangkan perubahan iklim dan membangunkan ekonomi.

Tetapi “caranya” adalah penting. Bagaimanakah cara gas metana dikurangkan akan menentukan sejauh mana sesebuah negara boleh merebut faedah ekonomi dan sosial. Pengurangan gas metana akan memerlukan penyesuaian persekitaran kawal selia dan operasi untuk pelaburan minyak dan gas. Persoalan penting untuk dipertimbangkan termasuk:

- ➔ **Kos.** Siapakah yang akan menanggung kos teknologi dan amalan baharu?
- ➔ **Hasil.** Adakah hasil kepada perbendaharaan atau Syarikat Minyak Negara (National Oil Company, NOC) akan dikurangkan?
- ➔ **Kapasiti.** Adakah kerajaan, NOC dan syarikat-syarikat swasta akan membangunkan kapakanan dan kakitangan yang mencukupi untuk memenuhi keperluan kawal selia dan operasi yang baharu untuk mengurangkan gas metana?
- ➔ **Pekerjaan.** Apakah impak pengurangan gas metana terhadap peluang pekerjaan? Adakah langkah ini akan memberi impak

yang tidak sekata dalam masyarakat?

- **Teknologi.** Adakah teknologi pengurangan akan tersedia dan mampu dimiliki?

Walaupun kebimbangan ini adalah nyata dan perlu dihadapi, pengurangan gas metana daripada aktiviti minyak dan gas boleh membuka peluang yang besar:

- **Lebih hasil.** Kerajaan boleh mendapatkan hasil daripada gas metana yang sebelum ini dibuang. Ini mungkin akan mendatangkan lebih banyak hasil untuk pertumbuhan dan pengurusan sumber awam yang lebih baik.
- **Akses Tenaga yang Dipertingkatkan.** Kerajaan dan pengendali boleh menambah baik akses tenaga untuk rakyat dengan menangkap dan menggunakan gas metana bagi tujuan kuasa, pemanasan dan memasak.
- **Pewujudan Pekerjaan.** Teknologi pengurangan gas metana memerlukan pekerja terlatih dan menggalakkan peluang pekerjaan baharu.¹¹
- **Keselamatan Tenaga yang Dipertingkatkan.** Menghapuskan sisa gas metana memastikan negara tidak bergantung pada sumber tenaga import yang ada kalanya mahal.
- **Akses kepada Pelaburan.** Syarikat-syarikat, termasuk NOC, mencari peluang untuk mengakses pembiayaan iklim atau hijau. Untuk tujuan itu, mereka perlu menunjukkan bahawa mereka mempunyai metrik iklim serta Alam Sekitar, Sosial dan Tadbir Urus (Environmental Social and Governance, ESG) yang kukuh.
- **Keselamatan Awam yang Lebih Baik.** Aktiviti pengurangan gas metana boleh mengurangkan bahaya kepada orang awam dan pekerja.
- **Kualiti Udara yang Lebih Baik.** Pengurangan pelepasan gas metana boleh memberikan manfaat bersama berkaitan kualiti udara setempat yang lebih baik.
- **Kepimpinan Iklim Di Peringkat Serantau dan Global.** Mengurangkan pelepasan gas metana menjadi keutamaan

global teratas dan negara yang menunjukkan kemajuan akan diiktiraf sebagai pemimpin di peringkat serantau dan global.



Rajah 1.3: Ilustrasi manfaat mengurangkan gas metana.

Peningkatan Hasil dan Kuasa: Cara Kerajaan Boleh Memanfaatkan Penggunaan Gas Bukan Dari Penyalaan

Sesetengah kerajaan dan NOC terlepas peluang apabila gas bersekutu dinyalakan. Mengurangkan penyalaan membolehkan gas tambahan disalurkan ke pasaran pengguna atau digunakan untuk menjana elektrik. Projek gas ke saluran paip dan gas menjadi kuasa ini mendatangkan manfaat kepada kerajaan, industri dan orang awam. Dalam sesetengah kes, projek-projek ini memerlukan hanya sedikit, jika ada, perbelanjaan oleh kerajaan. Ia semuanya disiapkan oleh pengendali swasta untuk mendapatkan keuntungan. Tambahan lagi, dalam projek gas menjadi kuasa elektrik, bekalan elektrik baharu boleh meningkatkan kestabilan grid dan mengurangkan pelepasan udara daripada operasi elektrifikasi.

Dua contoh daripada negara Mesir menggambarkan potensi peluang ini. Dalam salah satu contoh, Pharos Energy, sebuah syarikat minyak bebas yang berpangkalan di UK, telah mengurangkan penyalaan gas sebanyak 30 peratus untuk operasi medan minyak syarikat dengan memasang dua buah generator kuasa pembakaran gas. Pemasangan ini juga telah mengurangkan pencemaran pembakaran diesel dan kos. Berdasarkan anggaran oleh FlareIntel, yang dibangunkan oleh Capterio, pelepasan penyalaan dan diesel di udara yang dielakkan daripada projek ini telah mengurangkan anggaran 42,000 tan setara CO₂ setahun.

Di sebuah medan minyak yang lain, Naftogaz, syarikat minyak milik negara Ukraine telah memasang peralatan baharu untuk mendapatkan semula gas asli yang pada mulanya hendak dinyalakan sebaliknya menghantarnya ke pasaran menggunakan saluran paip yang berdekatan. Langkah ini telah mengurangkan pelepasan sehingga 800,000 tan setara CO₂ setahun. FlareIntel menganggarkan hampir 15 juta kaki padu standard gas asli sehari didagangkan dan tidak dinyalakan disebabkan oleh projek gas ke saluran paip ini.¹²

Adakah Negara Akan Merebut Peluang?

Bagaimanakah gambaran masa depan minyak dan gas? Ia bergantung kepada caranegaramerebut peluang mengurangkan gas metana dalam sektor ini. Negara yang menerima kehadiran analisis, peralatan, piawaian, amalan dan komitmen yang baharu akan dapat mengurangkan pelepasan gas metana dalam sektor minyak dan gas dengan pantas. Terdapat peluang untuk meningkatkan matlamat dan pelaksanaan pengurangan gas metana.

2. Perancangan untuk Mengurangkan Pelepasan Gas Metana daripada Sektor Minyak dan Gas

Ringkasan Penting

- Kerajaan nasional dan subnasional merancang untuk mengurangkan gas metana dengan menetapkan sasaran dan matlamat peringkat tinggi untuk gas metana merentas semua sektor dalam pelan tindakan metana negara. Banyak negara telah menerima pakai atau sedang membangunkan pelan tindakan gas metana.
- Negara-negara yang sedang membangunkan pelan tindakan nasional dan langkah-langkah khusus mengikut sektor boleh melihat pelaksanaan di negara lain untuk mendapatkan contoh berguna tentang perkara yang boleh disertakan.
- Rakan kongsi pembangunan antarabangsa untuk sektor minyak dan gas mempunyai sumber untuk membangunkan pelan pengurangan gas metana minyak dan gas, hala tuju terperinci serta peraturan khusus.
- Apabila membangunkan dasar pengurangan gas metana yang meliputi sektor minyak dan gas, para pembuat dasar dan pengawal selia harus menyesuaikan dasar mengikut keadaan mereka.
- Pilihan pengurangan gas metana bergantung pada tiga segmen industri – huluan, pertengahan dan hiliran.

Pelan Tindakan Gas Metana Negara

Pelan tindakan gas metana negara menetapkan hasrat seluruh ekonomi untuk mengawal pelepasan. Pelan tindakan negara ialah permulaan yang baik untuk menetapkan sasaran dan matlamat peringkat tinggi untuk gas metana merentas semua sektor, termasuk sektor minyak dan gas, arang batu, sisa buangan dan pertanian. Ini mungkin termasuk sasaran berangka peringkat tinggi, senarai langkah mitigasi khusus yang akan diambil oleh kerajaan, atau kedua-duanya.

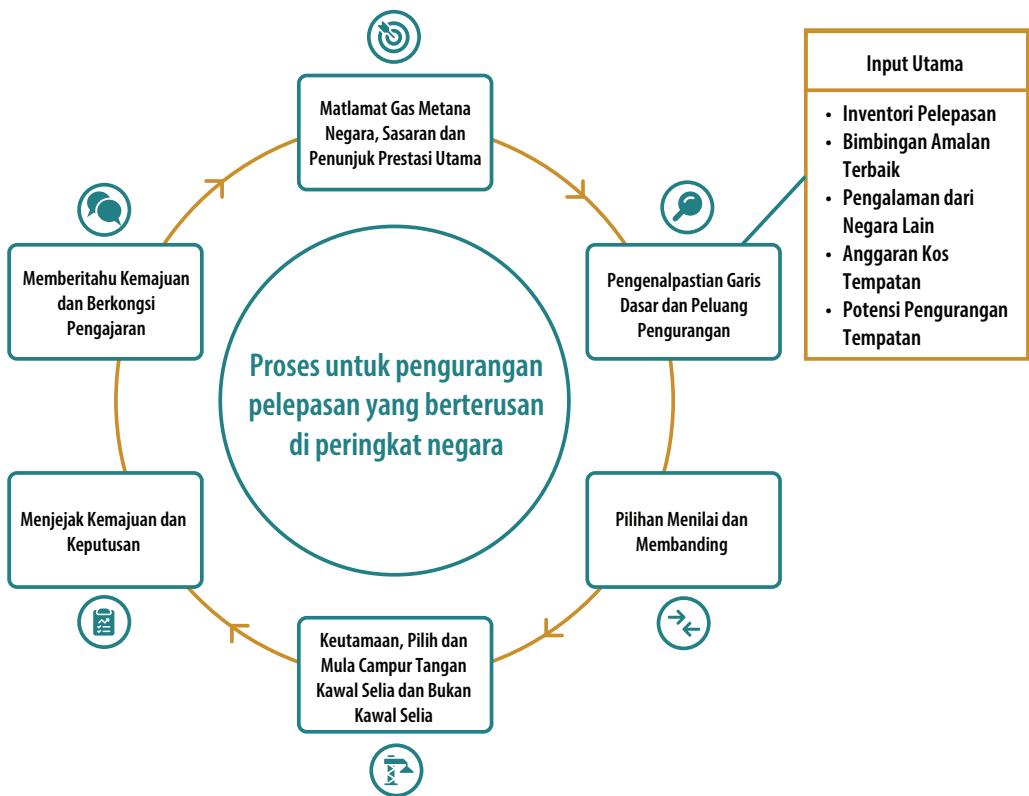
- Pelan Tindakan Negara Ghana untuk Mengurangkan Bahan Cemar Iklim Hayat Pendek (2018) mengenal pasti langkah

khusus untuk mengurangkan gas metana dan bahan pencemar lain merentas semua sektor.¹³

- ➔ Pelan Tindakan Pengurangan Pelepasan Gas Metana Amerika Syarikat (2021) memperincikan beberapa langkah kawal selia dan bukan kawal selia yang diambil oleh kerajaan untuk mengurangkan gas metana daripada minyak dan gas, tapak pelupusan sampah, lombong arang batu, pertanian serta industri dan bangunan lain.¹⁴
- ➔ Pelan Tindakan Gas Metana Negara Norway tidak menetapkan sasaran berasingan untuk gas metana tetapi sebaliknya menyatakan bahawa gas metana dilindungi oleh matlamat pengurangan pelepasan GHG Norway yang menyeluruh sebanyak 55 peratus menjelang tahun 2030 dan 90-95 peratus menjelang tahun 2050 (berbanding tahap 1990).¹⁵
- ➔ Strategi Gas Metana Kanada (2022) menggariskan langkah pengurangan dan program sokongan untuk mengurangkan pelepasan gas metana domestik sehingga melebihi 35 peratus menjelang tahun 2030 (berbanding tahun 2020). Kanada komited untuk mengurangkan pelepasan bagi sektor minyak dan gas sebanyak 75 peratus menjelang tahun 2030 berbanding tahun 2012.¹⁶

Apabila negara menjejaki kemajuan mereka ke arah matlamat dasar, mereka boleh menyemak semula sasaran dan merancang untuk mencerminkan pembelajaran baharu yang mereka peroleh.

Bagi negara yang sedang membangunkan pelan tindakan yang baharu boleh melihat ke negara lain untuk mendapatkan contoh yang berguna tentang perkara yang boleh disertakan. Sehingga bulan Mei 2023, dianggarkan 50 buah negara telah menerima pakai atau sedang mengusahakan pelan tindakan gas metana.¹⁷



Rajah 2.1: Proses untuk pengurangan pelepasan yang berterusan di peringkat negara.

Terdapat sumber yang disediakan untuk membantu negara dalam proses ini, termasuk Program Tindakan Hala Tuju Gas (M-RAP) Gabungan Iklim dan Udara Bersih (CCAC).¹⁸



Kajian Kes: Pelan Tindakan Gas Metana Vietnam 2030

Pelan tindakan gas metana boleh menunjukkan matlamat dan menyusun proses membangunkan hala tuju yang lebih terperinci. Pelan Tindakan Gas Metana Vietnam 2030 menetapkan sasaran untuk mengurangkan pelepasan keseluruhan sekurang-kurangnya 30 peratus di bawah paras tahun 2020 menjelang tahun 2030, dengan sasaran khusus untuk sektor pertanian, sisa dan tenaga.

Pelan Tindakan Gas Metana Vietnam menyatakan bahawa "Pengurangan pelepasan gas metana mesti dibuat berdasarkan analisis kos-faedah mengikut pelan hala tuju yang ditetapkan. Ini akan memastikan hak dan faedah yang sah bagi kedua-dua entiti institusi dan individu serta menggalakkan inovasi yang memberi manfaat kepada pembangunan sosioekonomi Vietnam yang mampan". Pelan hala tuju ini termasuk peruntukan untuk:

- Menggalakkan pemindahan dan penggunaan teknologi untuk menyokong pemasangan penyelesaian pengurangan gas metana.
- Menyediakan rangka kerja kawal selia bagi menguruskan kredit karbon daripada pelaksanaan pengurangan gas metana dan menyokong pengeluar pelepasan untuk mengakses pasaran karbon domestik dan antarabangsa.

Pelan ini juga menetapkan bahawa tindakan untuk mengurangkan gas metana adalah sejajar dengan dasar sedia ada dan mengarahkan pegawai kementerian untuk memasukkan pengurangan pelepasan gas metana dalam strategi tindak balas perubahan iklim, pelan pertumbuhan hijau negara dan pelan induk sektor dan wilayah.

Pelan Pengurangan untuk Sektor Minyak dan Gas

Bagi menyokong pelan tindakan negara seluruh ekonomi, banyak negara sedang membangunkan dasar dan hala tuju yang lebih terperinci yang menggariskan tindakan khusus untuk menangani pelepasan daripada sektor minyak dan gas. IEA telah membangunkan Pelan Hala Tuju Kawal Selia dan Kit Alat untuk membantu pembuat dasar dengan mengenal pasti langkah yang boleh diambil oleh kerajaan untuk mereka bentuk dan melaksanakan dasar dan peraturan gas metana baharu.¹⁹

Ini boleh dikumpulkan kepada tiga fasa yang luas: memahami keadaan, reka bentuk kawal selia dan pelaksanaan. Langkah-langkah ini boleh dijalankan mengikut urutan atau secara serentak.



Rajah 2.2: Hala tuju IEA untuk rekabentuk dasar gas metana yang berkesan.²⁰

Menilai Kos dan Manfaat Pengurangan Gas Metana

Apabila menetapkan sasaran dan pelan khusus sektor minyak dan gas, negara boleh mengutamakan sumber pelepasan yang paling ketara atau pilihan pengurangan dengan kos yang paling berkesan. Penjejak Gas Metana Global IEA ialah titik permulaan

yang baik untuk mendapatkan maklumat ini.²¹ Penjejak ini menyediakan anggaran IEA tentang pelepasan gas metana, pilihan pengurangan dan kos mengikut negara. Maklumat ini boleh membantu mengenal pasti bidang yang paling berpotensi untuk pengurangan, walaupun tanpa maklumat peringkat negara yang terperinci.

Lama-kelamaan, negara boleh berusaha ke arah maklumat tentang potensi sumber dan kos pelepasan yang khusus untuk mereka. Alat Pengurangan Gas Metana Negara (CoMAT) Pasukan Petugas Udara Bersih direka untuk membantu pengawal selia dalam membangunkan anggaran pelepasan semasa dan potensi pengurangan pelbagai pilihan dasar.²² Akhirnya, keluk kos pengurangan marginal (MACC) yang terperinci boleh membantu menunjukkan di mana pengurangan boleh dibuat pada kos terendah bagi membimbang keutamaan antara pilihan mitigasi yang berbeza.

Menyediakan Keluk Kos Pengurangan Marginal

Keluk kos pengurangan marginal (MACC) peringkat negara menunjukkan peluang pengurangan berhubung dengan kos, yang boleh menunjukkan pilihan tentang opsyen pengurangan yang perlu diutamakan.

Terdapat banyak peralatan yang boleh membantu membangunkan MACC dan pakar daripada organisasi seperti CATF dan lain-lain boleh memberitahu cara menyediakannya dengan betul.²³

Input utama untuk proses ini termasuk:

- Jumlah pelepasan tahunan yang dikurangkan oleh peluang, biasanya dinyatakan dalam tan setara pelepasan metana atau CO₂.
- Anggaran kos modal.
- Kos berulang tahunan untuk aktiviti, termasuk buruh atau penyelenggaraan.
- Kadar diskau untuk membantu menentukan nilai semasa bersih atau penunjuk ekonomi lain dengan mengambil kira nilai relatif perbelanjaan semasa berbanding perbelanjaan akan datang.
- Pertimbangan berkaitan hayat berguna peralatan.
- Nilai penjimatan kos, seperti kos penyelenggaraan yang lebih rendah untuk campur tangan, termasuk nilai potensi gas asli yang diperoleh semula.

MACC mungkin berubah apabila teknologi berkembang dan menjadi lebih tersedia. Teknologi pengawasan baharu yang sedang dibangunkan boleh mengurangkan kos mencari dan membaiki pelepasan fugitif (*Lihat Bab 9: Pengawasan*). Walau bagaimanapun, kebanyakan pertimbangan reka bentuk yang dibincangkan dalam bab ini telah pun mantap.

Memandangkan penyelesaian kepada pelepasan gas metana perlu diusahakan bersama-sama dengan pengurangan karbon dioksida, kerajaan perlu mempertimbangkan cara

mengutamakan tindakan gas metana seiring dengan tindakan mitigasi yang disasarkan kepada pelepasan gas rumah hijau (GHG) dan usaha penyesuaian yang lain. Kos boleh menjadi faktor penting dalam membuat keputusan ini, terutamanya dengan sumber yang terhad.

Potensi Pemanasan Global: Apa Yang Perlu Diketahui oleh Pembuat Dasar

Pembuat dasar boleh menganggar kesan pemanasan global menggunakan Potensi Pemanasan Global (GWP), yang menyatakan satu tan gas rumah hijau yang dikeluarkan setara dengan CO₂ bagi memberikan pengukuran tunggal untuk jumlah pelepasan gas rumah hijau (dalam setara CO₂). IPCC telah menunjukkan "GWP bagi gas metana adalah antara 84-87 apabila mempertimbangkan kesannya dalam tempoh 20 tahun (GWP20) dan antara 28-36 apabila mempertimbangkan kesannya dalam tempoh 100 tahun (GWP100). Sehubungan itu, satu tan gas metana boleh dianggap bersamaan dengan 28 hingga 36 tan CO₂ jika dilihat daripada kesannya melebih 100 tahun."²⁴ Di bawah UNFCCC, mereka bersetuju untuk menggunakan GWP 100 tahun untuk perkembangan pelaporan dan penjejakan negara di bawah Perkara 13 Perjanjian Paris, dan garis panduan pelaporan menetapkan penggunaan nilai GWP100 daripada Laporan Penilaian Kelima IPCC.²⁵ Garis panduan IPCC menyediakan berbilang metrik untuk negara-negara melaporkan pelepasan gas rumah hijau. Di bawah Perjanjian Paris, negara akan menggunakan GWP100 daripada Laporan Penilaian Kelima.

Menyesuaikan Dasar Gas Metana dengan Konteks Tempatan

Dasar gas metana industri minyak dan gas menjadi paling berkesan jika ia disesuaikan dengan situasi bidang kuasa tempatan, termasuk konteks politik dan kawal selia, sifat industri, saiz dan lokasi sumber pelepasan dan matlamat dasar bidang kuasa.

Kematangan sektor minyak dan gas negara boleh menjadi satu pertimbangan penting: sama ada pengeluar baharu, pengeluar sedia ada atau pengeluar peringkat akhir.

Jadual 2.1: Perbandingan titik permulaan berbanding peluang untuk mengurangkan gas metana minyak dan gas.

Titik Permulaan yang Berbeza	Peluang Negara untuk Mengelakkan dan Mengurangkan Gas Metana
Pengeluar baharu Negara-negara yang tidak mempunyai pengeluaran semasa atau hanya memiliki pengeluaran yang terhad boleh membangunkan peraturan secara serentak sambil memahami operasi minyak dan gas mereka.	Kemudahan baharu perlu direka bentuk mengikut piawaian pelepasan gas metana yang hampir sifar — reka bentuk yang betul dari awal boleh mengelakkan pengubahsuaian yang lebih mahal. Sertakan amalan terbaik ke dalam fasa reka bentuk.
Pengeluar peringkat awal dan pertengahan Keadaan berbeza berdasarkan skala dan kerumitan industri. Sebagai contoh, negara kepulauan dengan medan luar pesisir tunggal berbanding negara dengan pengeluaran gas di darat, luar pesisir, konvensional dan bukan konvensional.	Fokus terhadap pelepas terbesar (pelepas super) dahulu untuk mendapatkan pengurangan paling banyak dengan pelaburan paling rendah. Keutamaan boleh direka bentuk dengan fokus terhadap keberkesanan kos.

Pengeluar peringkat akhir

Mungkin memerlukan pengeluaran berterusan, dan telaga yang menghampiri tempoh penutupan atau ditinggalkan.

Mencari peluang pengurangan yang berterusan untuk pengeluaran aktif, yang mungkin memerlukan langkah lebih jauh daripada langkah pengawalseliaan awal. Dasar boleh membangunkan program untuk menutup dan meninggalkan telaga dengan betul bagi mengurangkan potensi pelepasan gas metana.

Banyak pertimbangan penting perlu dibuat semasa membangunkan dasar pengurangan gas metana minyak dan gas.

Pertimbangan setempat. Kos barang atau peralatan mungkin berbeza dengan ketara di seluruh dunia. Barang dan perkhidmatan juga mungkin tertakluk kepada keperluan kandungan tempatan yang mungkin tidak memiliki kapasiti pembuatan untuk teknologi pengurangan gas metana tertentu.

Rantaian bekalan dan logistik. Beberapa buah negara kini telah menerima pakai peraturan dan keperluan kawalan gas metana. Walaupun pasaran akhirnya akan mengimbangi bekalan dan permintaan untuk teknologi ini, mungkin terdapat cabaran jangka pendek dalam mendapatkan peralatan tertentu, lantas memerlukan tempoh penyesuaian yang munasabah untuk kawalan kejuruteraan. Sebagai contoh, Institut Petroleum Amerika (API) baru-baru ini menyebut masa pesanan tertangguh selama 1 tahun untuk sistem udara termampat dan 1.5-2 tahun untuk panel solar. Kedua-dua peralatan ini adalah penting untuk teknologi pengurangan gas metana. Walau bagaimanapun, laporan oleh Datu Research baru-baru ini, berdasarkan temu bual dengan pembekal teknologi pelepasan sifar, menyatakan bahawa pembekal mempunyai kelengkapan untuk memenuhi permintaan yang dijangkakan di A.S. Pengawal selia boleh mengetahui tentang keadaan rantaian bekalan daripada sektor minyak dan gas minyak tempatan dan penyedia teknologi.

Perkhidmatan dan latihan tempatan. Untuk sesetengah jenis peluang pengurangan gas metana, pengendali dan kontraktor perlu menjalani latihan tentang prosedur atau amalan penyelenggaraan untuk mengurangkan pelepasan gas metana dengan berkesan. Ketersediaan kakitangan penyelenggaraan tempatan dan penyumberan alat ganti dan bahan yang berterusan adalah penting untuk melaksanakan pilihan pengurangan yang lain secara berkesan.

Ketahanan terhadap keadaan cuaca tempatan. Keadaan cuaca tempatan, seperti suhu yang melampau atau paras hujan, akan menjaskankan piawaian reka bentuk untuk peralatan. Kajian kes dan penyelesaian pengurangan yang dibangunkan untuk satu operasi atau lokasi mungkin tidak terpakai kepada yang lain.

Sumber baharu berbanding yang sedia ada Kos kawalan pelepasan gas metana dalam mereka bentuk kemudahan baru mungkin lebih rendah berbanding memasang semula sumber sedia ada atas pelbagai sebab. Antara contoh termasuk memastikan penjanaan kuasa di tapak bersesuaian dengan beban elektrik yang dikaitkan dengan pemampat udara atau unit pengumpulan wap atau ketersediaan ruang dek pada platform luar pesisir untuk unit proses tambahan yang diperlukan untuk pengurangan gas metana. Pengeluar baharu boleh memanfaatkan rakan kongsi tempatan dan antarabangsa dan menerima pakai amalan kawal selia terbaik daripada pasaran yang lebih mantap, dan menyesuaikannya dengan keadaan tempatan. Jika kemudahan baharu direka bentuk dengan teknologi mitigasi terbaik yang ada, pelepasan gas metana hampir sifar mungkin boleh dicapai.



Sumber yang Berguna

Perkongsian Metana Minyak dan Gas: Dokumen dan templat bimbingan.
<https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

Perkongsian Alam Sekitar: Bertindak — Program Prestasi Alam Sekitar.
<https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/taking-action/>

Prinsip Garis Panduan Gas Metana Sumber — Bimbingan dan Kit Alat Amalan Terbaik. <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/>

Program Bintang Gas Asli: Teknologi yang Disyorkan untuk Mengurangkan Pelepasan Gas Metana. <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-mitigation-technologies-platform>

Perbadanan ExxonMobil: Mengurangkan Pelepasan Gas Metana daripada Sektor Minyak dan Gas: Model Rangka Kerja Kawal Selia. <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 daripada Gabungan Iklim dan Udara Bersih. <https://www.ccacoalition.org/content/methane-technical-assistance>

Bimbingan daripada Pasukan Petugas Udara Bersih. <https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

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

3. Memulakan Peraturan Pengurangan Gas Metana

Ringkasan Penting

- Memahami langkah-langkah yang boleh digunakan untuk mengurangkan pelepasan gas metana adalah titik permulaan yang baik dalam membangunkan peraturan baharu.
- Terdapat empat pendekatan utama untuk peraturan gas metana – preskriptif, prestasi, ekonomi dan maklumat. Mereka tidak saling eksklusif; rejim kawal selia berkemungkinan akan merangkumi elemen daripada pelbagai pendekatan.
- Rangka kerja undang-undang dan kawal selia yang sedia ada akan menentukan tindakan kawal selia yang mungkin dan siapa yang mempunyai kuasa untuk membangunkan dasar baharu.
- Penglibatan pihak berkepentingan utama dalam pembangunan dasar pengurangan gas metana memberi mereka suara dalam membuat keputusan yang memberi kesan kepada mereka dan memaklumkan pembuat dasar.
- Peserta industri mungkin sudah mengambil tindakan sukarela yang boleh dibangunkan dan diperkuuh oleh langkah kawal selia.
- Melihat kepada peraturan sedia ada di negara lain boleh memberi pemahaman tentang pilihan kawal selia yang paling berkesan. Sebagai contoh, peraturan sedia ada biasanya termasuk keperluan mengesan dan membaiki kebocoran, sekatan penyalaan dan pelepasan gas dan piawaian untuk peralatan dan proses tertentu.

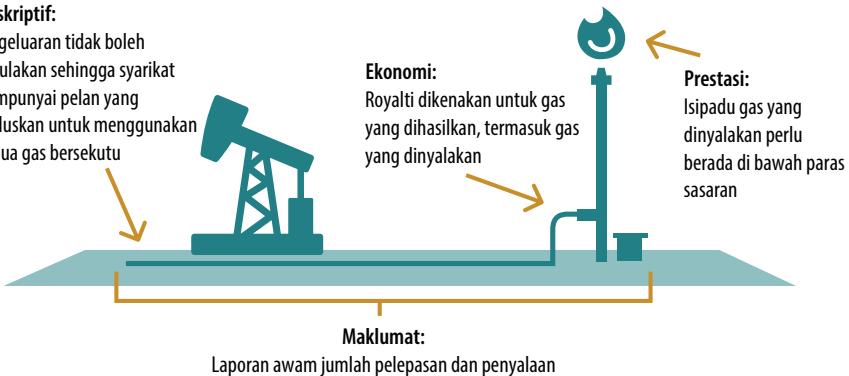
Strategi Dasar dan Kawal Selia yang Berpotensi

Titik permulaan yang baik dalam membangunkan dasar atau peraturan baharu ialah memahami pelbagai jenis strategi kawal selia yang boleh digunakan untuk mengurangkan gas metana. Berikutnya pemeriksaan terhadap peraturan gas metana minyak dan gas yang sedia ada, IEA telah mengklasifikasikan pendekatan berbeza yang boleh digunakan untuk pelepasan gas metana minyak dan gas.²⁶

- Langkah **preskriptif** secara langsung memerlukan entiti untuk mengambil atau tidak mengambil tindakan atau prosedur tertentu. Ini termasuk keperluan mengesan dan membaiki kebocoran (leak detection and repair, LDAR), piawaian peralatan dan larangan atau moratorium.
- Langkah **prestasi** menetapkan piawaian prestasi mandatori untuk entiti yang dikawal selia tetapi tidak menentukan bagaimana sasaran perlu dicapai. Ini boleh ditetapkan pada skala tinggi (cth., piawaian prestasi seluruh kemudahan) atau pada skala yang lebih terhad (cth., piawaian prestasi untuk kecekapan penyalaan).
- Langkah **ekonomi** mendorong tindakan dengan mengenakan bayaran atau memperkenalkan insentif kewangan untuk tingkah laku tertentu. Ini terdiri daripada insentif yang agak khusus, seperti cukaikat atas penyalaan dan pelepasan gas atau subsidi langsung untuk tindakan pengurangan pelepasan, kepada langkah yang lebih luas yang menghubungkan pengurangan gas metana dengan pasaran karbon pelbagai sektor.
- Langkah **maklumat** direka bentuk untuk menambah baik keadaan maklumat tentang pelepasan dan mungkin termasuk syarat bahawa entiti dikawal perlu menganggar, mengukur dan melaporkan pelepasan mereka kepada badan awam. Ini boleh terdiri daripada pelaporan ringkas sumber dan kemudahan sedia ada kepada pelaporan terperinci kadar pelepasan dan data yang diukur. Sebagai contoh, sistem ini boleh termasuk menerbitkan senarai pelepas teratas atau data pelepasan lengkap yang tersedia untuk kegunaan awam. Langkah maklumat itu sendiri boleh menjadi alat yang berkuasa untuk mengurangkan pelepasan apabila data didedahkan kepada umum dan syarikat berdepan dengan akauntabiliti awam.

Preskriptif:

Pengeluaran tidak boleh dimulakan sehingga syarikat mempunyai pelan yang diluluskan untuk menggunakan semua gas bersekutu



Rajah 3.1: Ilustrasi potensi pendekatan kawal selia yang berbeza menggunakan contoh gas bersekutu.

Keempat-empat pendekatan ini tidak saling eksklusif dan rejim kawal selia berkemungkinan akan merangkumi elemen daripada pelbagai pendekatan. Sebagai contoh, langkah pengawalseliaan sesebuah negara mungkin termasuk keperluan LDAR mandatori (langkah preskriptif), cukai ke atas penyalaan (langkah ekonomi) dan piawaian pelaporan yang memerlukan syarikat melaporkan isipadu gas penyalaan dan hasil khusus setiap kempen LDAR (langkah maklumat).

Kelebihan Perbandingan

Di seluruh dunia, terdapat banyak contoh peraturan gas metana minyak dan gas daripada setiap empat jenis peraturan utama ini. Dalam memilih pendekatan dan elemen untuk digunakan, pelbagai pertimbangan yang berbeza adalah relevan bergantung pada situasi khusus dalam sesebuah negara.

Kemudahan pelaksanaan. Peraturan preskriptif yang direka dengan baik secara amnya agak mudah dilaksanakan oleh pengawal selia dan syarikat kerana ia sangat jelas, dan rangka kerja pelaporan dan pematuhan boleh menjadi mudah. Atas

sebab ini, kebanyakan peraturan mengurangkan gas metana sedia ada adalah preskriptif. Pertimbangan ini mungkin penting untuk bidang kuasa dengan sumber kawal selia yang terhad. Sebaliknya, instrumen ekonomi boleh menjadi lebih mencabar untuk dilaksanakan, terutamanya jika ia bergantung pada faktor luaran seperti skim harga karbon yang lebih luas atau rangka kerja antarabangsa untuk mendapatkan keseimbangan.

Keberkesanan. Pendekatan yang berbeza mungkin lebih berkesan bergantung pada keadaan negara tertentu. Sebagai contoh, peraturan berasaskan maklumat boleh mendayakan instrumen ekonomi atau berasaskan prestasi, tetapi ia biasanya tidak membawa kepada pengurangan dalam dan ke atas diri mereka sendiri.

Keperluan untuk data berkualiti tinggi. Jenis data yang diperlukan, sama ada pelepasan atau data lain, merupakan pertimbangan penting. Cukai ke atas penyalaan hanya berfungsi untuk mengurangkan pelepasan jika syarikat yakin bahawa mengurangkan penyalaan akan mengurangkan bayaran cukai mereka. Program sedemikian mungkin memerlukan pengukuran isipadu penyalaan dan melaporkan data yang diukur itu kepada agensi kerajaan yang berkaitan.

Kelenturan atau ketegaran dalam rejim kawal selia. Pendekatan preskriptif cenderung terhad kepada pilihan teknologi yang wujud apabila peraturan dimuktamadkan. Sebaliknya, pendekatan prestasi dan ekonomi membolehkan syarikat memilih cara untuk mematuhi apabila teknologi baharu tersedia.

Walaupun ini adalah pertimbangan biasa untuk memilih rejim kawal selia, faktor lain yang berkaitan dengan norma antarabangsa, dinamik pasaran, kejutan geopolitik, komplikasi domestik dan penerimaan pihak berkepentingan juga dipertimbangkan.

Jadual 3.1: Jadual daripada IEA tentang pendekatan pengawalseliaan, kelemahan dan manfaat.²⁷

Pendekatan kawal selia	Kos transaksi	Ketegaran	Prasyarat	Pertimbangkan apabila...	Contoh
Preskriptif	Rendah Mudah untuk ditadbir bagi kedua-dua pengawal selia dan firma	Tinggi Hanya perubahan yang ditetapkan akan berlaku	Sederhana Pengetahuan tentang pelepasan kemudahan yang diperlukan	Anda telah mengenal pasti peluang pengurangan penting	Larangan (Equatorial Guinea ²⁸)
Berasaskan prestasi atau hasil	Sederhana Pengawasan, pengukuran dan susulan diperlukan	Rendah Menggalakkan penyelesaian yang berbeza	Tinggi Memerlukan maklumat tentang pelepasan garis dasar dan keseluruhan	Anda mempunyai pemahaman yang munasabah tentang pelepasan dan keupayaan pengawasan	Had kemudahan (Alberta, Kanada ²⁹)
Ekonomi	Tinggi Memerlukan sistem pengesahan yang kukuh	Rendah Mendayakan strategi pengurangan khusus syarikat	Sederhana Memerlukan pengetahuan tentang pelepasan garis dasar dan sumbangan gas metana yang berkaitan	Sistem pengawasan telah disediakan dan anda mahu mengerakkan penyelesaian yang berbeza	Royalti (Brazil ³⁰)
Berasaskan maklumat	Tinggi Keperluan mengumpul, menganalisis dan menghantar maklumat	Sederhana Membenarkan penyelesaian lain dalam sesetengah kes	Rendah Tidak perlu maklumat terdahulu	Anda memerlukan lebih pemahaman tentang pelepasan gas metana dan peluang pengurangan	Ukur dan lapor (Saskatchewan, Kanada ³¹)

Selalunya pendekatan yang berbeza digabungkan, contohnya, Vietnam³² telah menetapkan peraturan dengan sekatan ke atas penyalan (preskriptif), melayakkan kerajaan untuk memberikan hak kepada menggunakan, secara percuma, gas yang akan dinyalakan (ekonomi) dan memerlukan pelaporan kehilangan gas (berasaskan maklumat).

Menilai Undang-undang dan Institusi Sedia Ada

Sesetengah negara mungkin sudah memiliki undang-undang, peraturan, piawaian atau dasar lain yang menangani atau boleh menangani pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas. Walau bagaimanapun, rangka kerja undang-undang ini mungkin berbeza mengikut jenis instrumen undang-undang, prosedur dan piawaian bagi menangani pelepasan gas metana. Sesetengah negara mungkin perlu membangunkan peraturan baharu bagi menangani pelepasan gas metana.

Di sesetengah negara, kuasa yang sedia ada untuk melindungi sumber negara dan penggunaannya yang bermanfaat mungkin sangat luas. Bidang kuasa lain mungkin memerlukan peruntukan berkanun yang tepat untuk menyediakan kuasa undang-undang bagi menangani sumber pelepasan gas metana yang khusus. Sesetengah negara mungkin merintis dasar sementara untuk memaklumkan pembangunan badan berkanun bagi menangani pelepasan gas metana oleh sektor minyak dan gas.



Kajian Kes: Cara Sri Lanka Membangunkan Rangka Kerja Kawal Selia

Sri Lanka ialah contoh bagaimana kerajaan boleh mengubah pendekatannya untuk mengawal selia pembangunan minyak dan gas dan cara ia bersedia untuk menyepadukan pengurangan pelepasan gas metana ke dalam rangka kerja kawal selia yang ada. Sejarah penerokaan minyak Sri Lanka bermula pada tahun 1960-an. Mulai tahun 1960 hingga 1984, sejumlah besar data seismik 2D telah diperoleh, dan tujuh telaga telah digerudi di luar pantai barat laut. Usaha penerokaan telah diperbaharui dengan pengendali seismik Norway membangunkan data seismik 2D berkualiti tinggi pada tahun 2001 dan 2005 di Lembangan Mannar. Walau bagaimanapun, tidak jelas sama ada Sri Lanka mempunyai sebarang peraturan atau garis panduan alam sekitar untuk operasi petroleum pada masa ini. Sebagai ganti kepada peraturan sedemikian, Kerajaan Sri Lanka (Government of Sri Lanka, GOSL) memastikan pengendali akan menggunakan amalan medan minyak terbaik dengan menyemak dan meluluskan Piawaian Prosedur (Standards of Procedures, SOP) pengendali.

Digalakkan oleh hasil operasi di atas, GOSL telah memutuskan untuk menggubal rangka kerja undang-undang dan kawal selia baharu dan menerima pakai garis panduan baharu untuk operasi petroleum.

Hasilnya, Sekretariat Pembangunan Sumber Petroleum (Petroleum Resources Development Secretariat, PRDS), yang ditubuhkan di bawah Akta Sumber Petroleum No. 26 tahun 2003, mengeluarkan garis panduan program geofizik, geologi, alam sekitar dan geoteknik untuk operasi petroleum pada tahun 2008 dan garis panduan untuk program penggerudian luar pesisir pada tahun 2011. Di samping itu, Pihak Berkuasa Perlindungan Alam Sekitar Marin, agensi yang bertanggungjawab untuk operasi petroleum pembersihan alam sekitar, mengeluarkan Peraturan Penerokaan Luar Pesisir untuk dan Eksplorasi Sumber Asli Termasuk Petroleum (Perlindungan Alam Sekitar Marin) No.1 Tahun 2011. Di bawah peraturan tersebut, beberapa pemeriksaan seismik 2D dan 3D luar pesisir telah dijalankan, dan empat telaga luar pesisir telah digerudi dan menghasilkan dua penemuan gas. Pada tahun 2020, Kabinet Sri Lanka meluluskan Dasar Negara bagi Gas Asli Sri Lanka untuk menyokong proses pengkomersialan gas asli.

GOSL baru-baru ini telah menggubal Akta Sumber Petroleum No. 21 Tahun 2021 baharu dan menubuhkan Pihak Berkuasa Kemajuan Petroleum Sri Lanka (Petroleum Development Authority of Sri Lanka, PDASL) sebuah entiti baharu untuk mengawal selia semua operasi petroleum huluan di Sri Lanka. PDASL telah menerbitkan beberapa peraturan bagi menetapkan prosedur untuk memasuki program penerokaan, penjanaan data dan pelesenan. Selain itu, PDASL dijangka menggubal peraturan teknikal baharu untuk operasi petroleum huluan, termasuk bidang berkaitan kesihatan, keselamatan dan alam sekitar dengan mempertimbangkan pengurangan pelepasan gas metana dan penggunaan gas.

Usaha kerajaan tempatan juga memainkan peranan penting dalam menguruskan pelepasan di sesetengah bidang kuasa. Ini

termasuk peraturan di beberapa negeri A.S., seperti California, New Mexico, dan Colorado, serta wilayah Kanada, seperti Alberta dan British Columbia. Di samping itu, inisiatif berfokuskan iklim seperti rangkaian C40 Cities dan Under2 Coalition telah menyatukan entiti kerajaan tempatan di seluruh dunia dalam menangani pelepasan gas metana.

Prosedur kelulusan projek boleh menjadi kritikal untuk menilai pilihan pengurusan pelepasan gas metana bersama-sama dengan kebolehlaksanaan, impak dan mitigasi. Sesetengah bidang kuasa memerlukan pertimbangan pelepasan gas metana yang dijangkakan sebelum kelulusan projek, contohnya, sebagai sebahagian daripada Penilaian Kesan Alam Sekitar atau pelan pengurusan GHG. Kelulusan mungkin termasuk syarat untuk mengurangkan kesan alam sekitar, termasuk pengawasan, prosedur operasi atau had pelepasan gas metana.

Penglibatan Pihak Berkepentingan

Penglibatan pihak berkepentingan memberi suara kepada komuniti yang terjejas dalam keputusan dan memaklumkan pembuatan keputusan. Proses ini mungkin terdiri daripada notis awam dan peluang untuk memberi ulasan dan menyediakan ketelusan. Penglibatan pihak berkepentingan yang berkesan boleh menggalakkan penerimaan.

Sektor Swasta



Pengendali Minyak dan Gas

Masyarakat Sivil



Persatuan



Pelabur / Pemegang Saham



Media



Agenzi Kawal Selia



Badan Perundangan / Parlimen



Komuniti Tempatan



Kementerian / Jabatan

Rajah 3.2: Pihak berkepentingan dalam peraturan pengurangan gas metana.

Kumpulan masyarakat civil dan agensi alam sekitar mungkin berminat dengan pelepasan gas metana sebagai sebahagian daripada strategi pengurangan GHG kerajaan atau kerajaan tempatan. Mereka juga mungkin berusaha untuk menentukan bahawa langkah diambil bagi memastikan komuniti yang kurang mendapat perkhidmatan masih berpeluang untuk penyertaan yang bermakna dan dilindungi dalam keputusan yang memberi kesan kepada mereka.

Industri mungkin berminat terutamanya dalam kos dan kelonggaran untuk inovasi apabila teknologi semakin berkembang. Dalam kebanyakan kes, sektor ini mempunyai maklumat penting yang mana pengawal selia perlu memastikan bahawa peraturan boleh dilaksanakan dan praktikal. Jika pengendali menetapkan titik hubungan, individu ini boleh memberi sokongan dalam menangani peristiwa pelepasan kemudian. Agensi dan pengendali harus mengekalkan senarai kenalan terkini bagi para wakil untuk memastikan komunikasi yang tepat pada masanya dan responsif.

Agensi kerajaan yang mengurus sumber asli atau kewangan atau mengawasi pengendali minyak dan gas mungkin berminat dengan gas asli yang terbuang akibat daripada amalan seperti penyalaan dan pelohongan. Agensi tenaga mungkin berminat

terutamanya dalam memastikan dan mengembangkan akses tenaga.

Memanfaatkan Tindakan Sukarela oleh Industri

Dalam sesetengah keadaan, para pembuat dasar dan pengawal selia boleh memanfaatkan inisiatif pengurangan gas metana sedia ada dalam industri. Negara dengan sumber yang sedikit dan kapasiti permulaan yang rendah boleh memulakan perjalanan dasar gas metana mereka dengan bekerjasama dengan industri untuk menggalakkan tindakan sukarela dan mempelajari tentang pilihan dasar dan amalan terbaik gas metana.

Usaha industri bersama seperti Inisiatif Iklim Minyak dan Gas, Inisiatif Mensasarkan Pelepasan Gas Metana Sifar memperkenalkan garis panduan, piawaian dan kod standard untuk berkongsi amalan terbaik dan meningkatkan prestasi industri. Contoh lain termasuk:

- Perkongsian Alam Sekitar.
- Prinsip Garis Panduan Gas Metana.
- Inisiatif Iklim Minyak dan Gas.
- Perkongsian Metana Minyak dan Gas 2.0.

Memandangkan matlamat pengurangan pelepasan metana global jangka pendek yang dikongsi bersama, kebanyakan kerajaan secara aktif mempertimbangkan semua alat yang ada untuk mengurangkan gas metana, secara sukarela dan sebaliknya, dengan memasukkannya ke dalam program pengawalseliaan mereka. Kerajaan harus mempertimbangkan kemungkinan bahawa pilihan dasar boleh membawa akibat yang tidak diingini terhadap aktiviti pelepasan gas metana secara sukarela.

Pendekatan Lazim dalam Peraturan Sedia Ada

Sejak beberapa tahun kebelakangan ini, banyak negara telah melaksanakan peraturan mengurangkan gas metana yang boleh memberikan contoh praktikal untuk bidang kuasa lain. Ini termasuk Kanada, Colombia, Mexico, Nigeria, Norway, Amerika Syarikat dan Kesatuan Eropah. Seperti yang dibincangkan di atas, bidang kuasa kerajaan tempatan juga telah membangunkan peraturan gas metana di beberapa negara, termasuk Alberta (Kanada) dan California, Colorado, dan New Mexico (A.S.). Contoh-contoh ini juga boleh menjadi titik permulaan yang baik untuk memahami pilihan yang berkesan.

Kebanyakan peraturan gas metana semasa memberi tumpuan kepada pendekatan preskriptif atau maklumat. Skim kawal selia sedia ada lazimnya termasuk (1) keperluan LDAR; (2) sekatan penyalaan dan pelohongan; dan (3) piawaian untuk peralatan dan proses tertentu. Hal ini dibincangkan secara terperinci dalam bab-bab seterusnya. Keberkesanan skim kawal selia ini dan yang lain sebaliknya disokong oleh inventori pelepasan gas metana (dan GHG) yang berkembang berdasarkan program pengawasan, pelaporan dan pengesahan (monitoring, reporting, and verification, MRV). Bab-bab tentang inventori dan MRV mengikuti perbincangan tentang tiga skim pengawalseliaan.

4. Sumber Gas Metana oleh Segmen Pasaran Minyak dan Gas

Tiga segmen rantaian nilai gas metana mempunyai peralatan, komponen dan proses yang unik. Tindakan pengurangan yang tertentu dan kosnya mempunyai perbezaan yang ketara. Sebagai contoh, penyalaan biasanya dikaitkan dengan aktiviti pengeluaran huluan dan kurang lazim dalam segmen pertengahan dan hiliran. Atas sebab ini, ciri khusus industri sesebuah negara boleh maklumkan penetapan keutamaan antara pilihan mitigasi yang berbeza.



Kajian Kes: Naik Taraf Sistem Pengagihan Gas (Bangladesh)

Bagi negara Bangladesh, segmen gas pertengahan dan hiliran menjadi keutamaan. Negara ini sedang memodenkan sistem pengagihan gasnya. Negara Bangladesh telah mengesan banyak kebocoran gas metana pada saluran paip pengagihan gas lama. Saluran paip ini mula dibina beberapa dekad yang lalu.

Gas asli ditemui pada tahun 1962, dan dua tahun kemudian, Titas Gas Transmission and Distribution Company (TGTDCL) telah ditubuhkan. TGTDCL kemudian membina rangkaian pengagihan gas ketika itu. Syarikat ini masih kekal sebagai syarikat pengagihan gas terbesar, menyediakan lebih 50 peratus daripada jumlah bekalan gas asli kepada pengguna.

Kebocoran gas asli daripada grid pengagihan menjadi tumpuan apabila negara Bangladesh mula mengimport LNG pada akhir 2018 untuk memenuhi permintaan tenaga yang semakin meningkat. LNG mahal, dan begitu juga kebocoran LNG dalam sistem saluran paip gas. Atas sebab utama kecekapan tenaga dan penjimatan kos, TGTDCL memutuskan untuk memodenkan sistem.



Berikut itu, TGTDCL telah merancang projek untuk menggantikan atau menaik taraf rangkaian gas lamanya di kawasan perbadanan bandar Dhaka dan Narayanganj. Rangkaian perkhidmatan TGTDCL mempunyai kira-kira 2.8 juta pengguna kediaman.

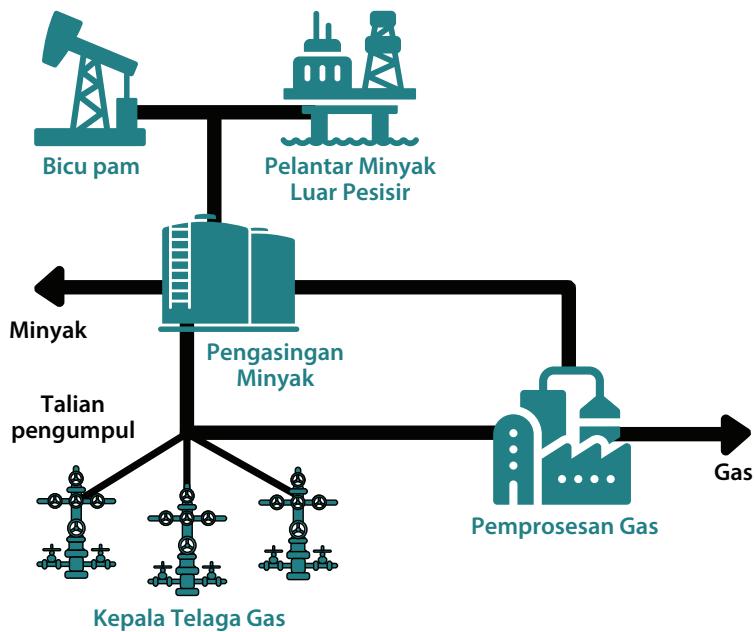
TGTDCL telah menjalankan kajian kebolehlaksanaan bagi kira-kira 2,750 kilometer saluran paip yang akan dibina atau diganti dan 18 stesen minyak asli yang akan diubah suai. Yang penting, projek itu akan merangkumi pemetaan sistem maklumat geografi (geographic information systems, GIS), kawalan penyeliaan dan pemerolehan data (supervisory control and data acquisition, SCADA) dan sistem pengenalan kerosakan dalam rangkaian yang dinaik taraf. Akhirnya TGTDCL akan membawa rangkaian moden ini di bawah sistem automasi sektor tenaga.

Bagi negara Bangladesh, sektor hiliran adalah keutamaan. Walaupun TGTDCL sedang melaksanakan pemodenan saluran paip gas untuk kecekapan operasi dan menambah baik perlindungan kewangan, pengurangan kebocoran akan membantu matlamat iklim, memulihara sumber dan meningkatkan persekitaran tempatan dan keselamatan awam.

Jadual di bawah menggariskan sumber utama pelepasan gas metana dalam segmen huluan, pertengahan dan hiliran. Jadual menerangkan sumber pelepasan yang biasa, pilihan pengurangan utama untuk menanganinya dan potensi keseimbangan.³³

Huluan

Segmen huluan terdiri daripada telaga minyak dan gas (di darat dan di luar pesisir), kemudahan pengasingan minyak, kemudahan pemprosesan gas dan pengumpulan serta saluran paip jarak dekat antara kemudahan ini.



Rajah 4.1: Ilustrasi infrastruktur minyak dan gas huluan.

Jadual 4.1: Sumber/peluang pengurangan gas metana terpilih dalam minyak dan gas huluan.

Pengawal dan pam pneumatik. Peranti yang menggunakan gas asli bertekanan untuk tindakan kawalan proses atau mengepam cecair apabila elektrik tidak tersedia.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Reka Bentuk Naik Taraf atau Penggantian Penjujuhan Tinggi. ³⁴	Gantikan sesetengah jenis pengawal pelepasan tinggi dengan pilihan yang kurang melepaskan gas asli.	Tiada yang dikenal pasti.
Pemeriksaan Pengawal Lubang Udara Berkala. ³⁵	Pastikan pengawal lubang udara berkala tidak mengeluarkan gas di luar tempoh gerakan aktif.	Memerlukan program LDAR untuk pelepasan fugitif.
Penggantian dengan udara termampat (boleh menggantikan mana-mana / semua penjujuhan tinggi, penjujuhan berkala, penjujuhan rendah dan pam). ³⁶	Gantikan gas asli bertekanan dengan udara termampat.	Memerlukan akses kepada atau penjanaan elektrik di tapak, yang boleh dicapai dengan solar di tapak.

Pemunggahan cecair manual. Pengalihan sementara telaga ke lokasi tekanan yang lebih rendah untuk mengeluarkan air terkumpul.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Kakitangan berada di tapak semasa operasi pemunggahan. ³⁷	Pengendali berada di tapak sehingga pemunggahan selesai dan telaga dikembalikan kepada pengeluaran.	Tiada yang dikenal pasti.

Tangki penyimpanan hidrokarbon. Pelepasan gas yang berkaitan dengan penurunan tekanan dan aktiviti pergerakan cecair dalam tangki simpanan.³⁸

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Laluan ke peranti kawalan seperti penyalaan.	Gas dinyalakan daripada dibuang.	Pilih situasi di mana gas tambahan diperlukan untuk membakar wap.
Laluan ke sistem pengumpulan wap.	Tangkap gas untuk dijual atau kegunaan yang bermanfaat di tapak.	Sesetengah reka bentuk tangki tidak serasi dengan sistem pengumpulan wap; reka bentuk yang tidak mencukupi untuk mengendalikan pelepasan.

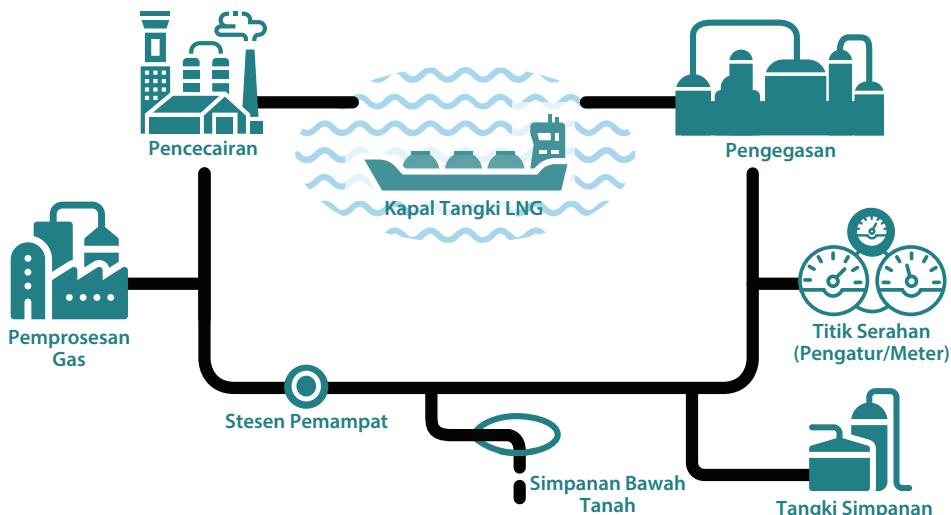
Kedap basah pemampat empar. Gas metana menjadi terperangkap dalam sistem pengedap berasaskan minyak (basah) yang mesti dibersihkan untuk mengekalkan fungsi pemampat.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Ubah laluan gas.	Tangkap gas melalui pengumpulan wap atau laluan ke sedutan pemampat.	Tukar kepada teknologi pengedap kering pelepasan rendah.

Tukar kepada teknologi pengedap kering pelepasan rendah.	Gantikan atau reka bentuk sistem pengedap dengan teknologi pelepasan rendah.	Penukar beberapa reka bentuk pemampat lama tidak dapat dilaksanakan.
--	--	--

Pertengahan

Segmen pertengahan termasuk infrastruktur pengangkutan, seperti saluran paip jarak jauh dan stesen pemampat yang berkaitan, kemudahan gas asli cecair dan lori tangki, dan kemudahan penyimpanan.



Rajah 4.2: Ilustrasi infrastruktur minyak dan gas pertengahan.

Jadual 4.2: Sumber/peluang mengurangkan gas metana terpilih dalam minyak dan gas pertengahan.

Peranti pneumatik. Peranti yang menggunakan gas bertekanan untuk tindakan kawalan proses atau mengepam cecair apabila elektrik tidak tersedia.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Reka Bentuk Naik Taraf atau Penggantian Penjujuhan Tinggi. ³⁹	Gantikan pengawal pelepasan tinggi dengan pilihan yang kurang melepaskan gas.	Tiada yang dikenal pasti.
Pemeriksaan Pengawal Lubang Udara Berkala. ⁴⁰	Pastikan pengawal lubang udara berkala tidak mengeluarkan gas di luar tempoh gerakan aktif.	Memerlukan program LDAR untuk pelepasan fugitif.
Penggantian dengan udara termampat (boleh menggantikan mana-mana / semua penjujuhan tinggi, penjujuhan berkala, penjujuhan rendah dan pam). ⁴¹	Gantikan gas bertekanan dengan udara termampat.	Memerlukan akses kepada atau penjanaan elektrik di tapak, yang boleh dicapai dengan solar di tapak.

Tangki penyimpanan hidrokarbon. Pelepasan gas yang berkaitan dengan penurunan tekanan dan aktiviti pergerakan cecair dalam tangki simpanan.⁴²

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Laluan ke peranti kawalan seperti penyalaan.	Gas dinyalakan daripada dibuang.	Pilih situasi di mana gas tambahan diperlukan untuk membakar wap.
Laluan ke sistem pengumpulan wap.	Tangkap gas untuk dijual atau kegunaan yang bermanfaat di tapak.	Sesetengah reka bentuk tangki yang lama tidak sesuai dengan sistem pengumpulan wap.

Kedap basah pemampat empar. Gas metana menjadi terperangkap dalam sistem pengedap berdasarkan minyak (basah) yang mesti dibersihkan untuk mengekalkan fungsi pemampat.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Ubah laluan gas.	Tangkap gas melalui pengumpulan wap atau laluan ke sedutan pemampat.	Kajian rekabentuk kejuruteraan diperlukan untuk memastikan pengendalian selamat.
Tukar kepada teknologi pengedap kering pelepasan rendah.	Gantikan atau reka bentuk sistem pengedap dengan teknologi pelepasan rendah.	Penukaran beberapa reka bentuk pemampat lama tidak dapat dilaksanakan. ⁴³

Pemampat salingan – lubang udara penyedat rod. Pelepasan penyedat rod biasanya tidak berlaku melalui gelang tetapi melalui gasket hidung di sekeliling bekas penyedat, di antara cawan penyedat, dan di antara gelang dan aci. Apabila cincin haus, atau jika padanan antara cincin penyedat rod dan rod terlalu longgar, lebih banyak gas boleh keluar.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Menggantikan penyedat rod berdasarkan jangka masa atau jam operasi yang telah ditetapkan.	Gantikan penyedat rod pemampat salingan setiap 26,000 jam atau setiap 36 bulan.	Menjadualkan masa henti memastikan stesen memenuhi keperluan kebolehpercayaan dan permintaan, terutamanya jika disambungkan dengan utiliti awam atau infrastruktur kritikal.
Tangkap, nyala atau kawal gas yang dibuang.	Halakan lubang udara penyedat ke sistem tangkapan untuk kegunaan berfaedah atau laluan untuk penyalaman untuk mencapai sekurang-kurangnya 95 peratus pengurangan pelepasan gas metana.	Menjadualkan masa henti seperti yang dinyatakan di atas, potensikekangan ruang dan kemungkinan gangguan pada sistem yang berkaitan.
Pengawasan berasaskan keadaan.	Gunakan data pengawasan atau ujian berterusan untuk menjelak pelepasan dan membangunkan program penyelenggaraan ramalan.	Kos permulaan; Konfigurasi awal pengesan dan perisian yang berkaitan; dan keluk pembelajaran untuk sistem baharu.

Tiup turun saluran paip penghantaran antara stesen pemampat. Tiup turun adalah pelepasan gas dari saluran paip yang menyebabkan pengurangan tekanan sistem atau penyahtekanan sepenuhnya. Tiup turun biasanya diperlukan untuk penyelenggaraan.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Menangkap gas yang dibuang. ⁴⁴	<p>Halakan gas ke pemampat atau sistem tangkapan untuk kegunaan berfaedah, halakan ke penyalaan, atau memanfaatkan sambungan paip sedia ada antara sistem tekanan tinggi dan rendah.⁴⁵</p>	<p>Perancangan dan penyelarasian yang meluas dengan Kawalan Gas untuk meminimumkan masa henti; beberapa peluang laluan mungkin tidak tersedia kerana kebimbangan keselamatan; penguliran panas menambah infrastruktur baharu, meningkatkan penyelenggaraan dan titik kebocoran.</p>

Stesen pemampat, meter penghantaran dan stesen pengatur atau kemudahan atas tanah. Gas fugitif dan dibuang yang dikaitkan dengan kemudahan atas tanah.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
LDAR berkala; mereka bentuk semula sistem pelepasan gas atau tiup turun kecemasan untuk mensimulasikan atau mengarahkan semula gas ke dalam sistem semasa ujian; memasang pengawasan berterusan.	Menjalankan program pemeriksaan dan penyelenggaraan rutin atau program LDAR pada selang waktu tertentu; memasang pengawasan berterusan di stesen pemampat; dan menggabungkan keupayaan untuk tidak mengeluarkan gas semasa ujian keselamatan sistem tiup turun kecemasan.	Reka bentuk semula sistem tiup turun kecemasan boleh melibatkan modal yang besar dan mengganggu operasi lain; keberkesanan kos sistem pengawasan berterusan jika risiko kejadian pelepasan besar adalah rendah; menyepadukan infrastruktur baharu memerlukan kos pendahuluan awal dan penyelenggaraan berterusan.

Enjin atau peranti pembakaran lain di tapak (cth., nyalaan). Pembakaran yang tidak lengkap membolehkan gas metana masuk ke dalam gas serombong di atmosfera.

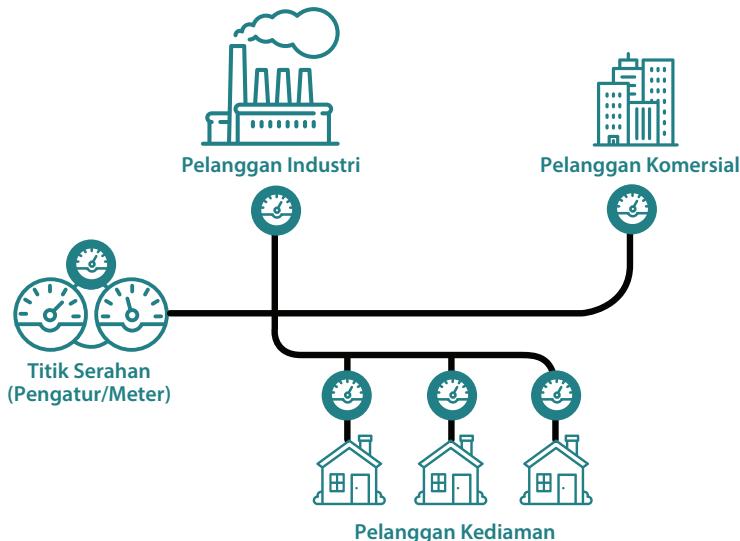
Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Program Penalaan dan Penyelenggaraan Berkala; Sistem Pengoptimuman Pengawasan dan Kawalan Proses.	Program penyelenggaraan berkala untuk memastikan enjin atau peranti pembakaran beroperasi seperti yang direka dan mengikut spesifikasi; memasang sistem pengawasan dan kawalan untuk kecekapan pembakaran yang optimum.	Kemahiran baharu untuk mempelajari cara menala dan menyelenggara peralatan dengan betul untuk kecekapan pembakaran optimum atau mempelajari sistem pengawasan dan kawalan proses baharu.

Saluran paip. Saluran paip penghantaran boleh bocor akibat kegagalan integriti disebabkan oleh kakisan dan kerosakan tidak disengajakan oleh keadaan cuaca (cth., tanah runtuh) atau pihak ketiga (penggalian).

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Program Integriti Saluran Paip; program LDAR; Sistem Pengawasan Berterusan.	Program integriti saluran paip dengan pemeriksaan dalaman dan luaran; tinjauan LDAR berkala (aerial dan berjalan kaki); memasang Pemantauan Berterusan di sepanjang laluan saluran paip.	Program integriti memerlukan ketekunan dan kepakaran dalam menilai dan menangani ancaman yang dikenal pasti dengan alat pengurusan data yang baik; latihan dan kemahiran baru mungkin diperlukan.

Hiliran

Segmen gas hiliran terdiri terutamanya daripada rangkaian pengagihan yang direka untuk menjangkau pengguna akhir, sama ada kediaman, komersial atau perindustrian.



Rajah 4.3: Ilustrasi infrastruktur gas hiliran.

Saluran paip (utama dan perkhidmatan). Saluran paip pengagihan boleh bocor melalui kegagalan integriti (biasanya akibat kakisan keluli pada penyambung untuk besi tuang dan keretakan daripada bahan plastik yang tidak canggih) atau kerosakan yang tidak disengajakan daripada penggalian oleh pihak ketiga.

Jadual 4.3: Sumber/peluang mengurangkan gas metana terpilih dalam gas hiliran.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Program Integriti Saluran Paip.	<p>Program Pengurusan Integriti Pengagihan untuk mengenal pasti ancaman dan memantau prestasi sedia ada.</p> <p>Gunakan tinjauan udara dan mudah alih serta teknologi pemantauan pengesan kehadiran secara berterusan.</p> <p>Utamakan pambaikan untuk kebocoran yang lebih besar.</p> <p>Percepatkan penggantian sistem paip yang mudah bocor.</p>	<p>Pemulihan dan penggantian saluran paip boleh memakan masa bertahun-tahun dan memerlukan modal pendahuluan yang besar.</p> <p>Mencapai pengurangan memerlukan alternatif kepada kaedah faktor pelepasan tradisional — kaedah baharu untuk menghubungkan pelepasan kepada kebocoran sebenar dan tempoh kebocoran sebelum pambaikan.</p> <p>Membangunkan keluk kos keberkesanan kos atau pengurangan marginal adalah penting untuk memastikan LDAR yang dipertingkatkan boleh diutamakan untuk impak maksimum.</p>

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Program LDAR yang Dipertingkatkan.	<p>Program LDAR yang dipertingkatkan meningkatkan tinjauan di kawasan berprestasi rendah.</p> <p>Gunakan analisis pokok keputusan untuk mencari kebocoran yang lebih besar.</p>	<p>Kos modal dan operasi. Membangunkan keluk kos keberkesanan kos atau pengurangan marginal adalah penting untuk memastikan LDAR yang dipertingkatkan boleh diutamakan untuk impak maksimum.</p>
Program Pencegahan Kerosakan (cth., Hubungi 811 Sebelum Anda Menggali).	<p>Program-program ini mengurangkan risiko saluran paip pecah akibat aktiviti penggalian dengan menyediakan sistem yang mudah diakses untuk pemaju mendapatkan maklumat tentang lokasi saluran paip sebelum mereka menggali.</p>	<p>Mungkin sukar untuk mendapatkan data GIS lokasi saluran paip. Perlu membina pangkalan data maklumat. Masa dan kos untuk membina kesedaran orang ramai tentang program ini.</p>

Meter pelanggan. Pelepasan fugitif daripada komponen bocor (cth., longgar) atau pelepasan daripada pengatur tekanan. Meter komersial/perindustrian mungkin ada peranti pneumatik dan berkemungkinan besar untuk pelepasan kerana ia beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi daripada meter kediaman.

Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Pertimbangan
Pengesanan kebocoran dipertingkatkan dan pambaikan dipercepatkan.	<p>Tingkatkan pengesanan kebocoran melalui tinjauan udara dan mudah alih serta pemasangan pengesan kehadiran di mana analisis data boleh digunakan untuk mencari kebocoran.</p> <p>Mempercepatkan atau mengutamakan pambaikan berdasarkan kebocoran daripada sistem tekanan tinggi (jika tidak sensitif keselamatan).</p>	<p>Kekangan pembiayaan dan kapasiti manusia.</p> <p>Sama seperti saluran paip, ada keperluan untuk beralih daripada faktor pelepasan tradisional kepada kaedah faktor berdasarkan kebocoran untuk menunjukkan pengurangan dan membangunkan profil pelepasan yang lebih tepat.</p>
Pilihan Pengurangan	Deskripsi	Cabaran Pelaksanaan yang Diketahui
Pemasangan rangkaian meter termaju.	Rangkaian meter termaju boleh menggunakan analisis data pada meter sebelah pelanggan untuk mencari kebocoran melalui anomalai dalam kadar penggunaan setiap jam.	<p>Kos modal dan operasi.</p> <p>Kos latihan dan integrasi ke dalam infrastruktur IT.</p>
Reka bentuk semula meter untuk mengurangkan titik kebocoran.	Mereka bentuk semula meter mungkin melibatkan penukaran meter anjakan kepada meter sonik untuk kediaman atau menghapuskan titik kebocoran jika boleh.	Kos modal dan operasi.

5. Pengesahan dan Pembaikan Kebocoran (LDAR)

Ringkasan Penting

- Program Pengesan dan Pembaikan Kebocoran (LDAR) direka untuk mengenal pasti dan menangani pelepasan yang tidak disengajakan atau fugitif daripada peralatan.
- Keperluan LDAR boleh dilaksanakan tanpa data yang luas atau pengukuran khusus tahap pelepasan fugitif.
- Ciri reka bentuk penting peraturan LDAR termasuk:
 - Skop kemudahan yang akan diperiksa.
 - Teknologi pengesan untuk digunakan dan ambang pengesan untuk ditetapkan.
 - Kekerapan Pemeriksaan.
 - Keperluan pemberian, termasuk tarikh akhir.
 - Pelaporan, penyimpanan rekod dan persijilan.
- Peraturan LDAR persekutuan Kanada dibincangkan sebagai ilustrasi ciri reka bentuk ini.

Pelepasan fugitif, atau kebocoran, adalah kehilangan gas metana yang tidak disengajakan. Kebocoran biasanya berlaku pada beberapa titik sambungan, seperti nilai, sepanjang rantaian nilai. Walaupun pelepasan daripada kebocoran individu mungkin tidak ketara, kadar pelepasan gas metana kolektif daripada fugitif adalah salah satu sumber terbesar pelepasan daripada sektor minyak dan gas.

Program LDAR melibatkan tinjauan di tapak secara berkala oleh kakitangan yang berkelayakan. Jika kebocoran dikesan, pengendali dikehendaki membaiki kebocoran tersebut dalam tempoh yang ditetapkan. Di samping itu, pengendali secara amnya dikehendaki mendokumenkan proses LDAR dan melaporkan secara berkala kepada kerajaan.

Program LDAR tidak memerlukan data pelepasan gas metana pendahuluan yang mantap untuk berfungsi. Pengendali boleh mula menjalankan tinjauan pengesan kebocoran dan

membaiki kebocoran, yang membawa kepada pengurangan gas metana, walaupun sebelum data yang menyeluruh dikumpulkan. Walau bagaimanapun, data yang dikumpulkan oleh pengendali semasa program LDAR, seperti jenis dan kekerapan kebocoran tertentu, boleh menjadi maklumat berharga untuk membantu memaklumkan tindakan masa hadapan.

Ciri-ciri Peraturan LDAR



Rajah 5.1: Ciri-ciri peraturan LDAR.

Beberapa pertimbangan reka bentuk menentukan keberkesanan program LDAR:

Skop kemudahan yang diperiksa. Keperluan LDAR boleh menentukan kemudahan mana yang perlu diperiksa. Pengecualian boleh berdasarkan saiz, daya pemprosesan atau ciri lain. Sebagai contoh, kemudahan yang lebih kecil mungkin dikecualikan atau mempunyai keperluan yang berbeza. Kekerapan tinjauan mungkin lebih rendah untuk kemudahan yang terpencil. Program LDAR mungkin termasuk pengecualian untuk komponen yang ditetapkan sebagai tidak selamat untuk dipantau.

Kebocoran boleh berlaku di semua jenis kemudahan, sama ada kecil atau besar. Program yang menumpukan pada subset sumber pelepasan mungkin menangani jumlah kebocoran yang sedikit tetapi lebih menjimatkan kos. Jika peraturan hanya meliputi subset sumber, melindungi sumber yang lebih berkemungkinan akan bocor adalah penting.

Teknologi pengesanan dan ambang pengesanan. Peraturan LDAR mungkin memerlukan kaedah atau teknologi khusus untuk melaksanakan tinjauan sumber. Ini termasuk, tetapi tidak terhad kepada, pemeriksaan audio, visual dan olfaktori (bau) (audio, visual, and olfactory, AVO), pelbagai instrumen pemantauan mudah alih seperti penghidu untuk EPA Method 21 dan kamera pengimejan gas optik (optical gas imaging, OGI). Untuk instrumen dan kamera OGI, peraturan mungkin menentukan penentukan dan keperluan operasi untuk peranti. Ini boleh termasuk ambang pengesanan khusus untuk saiz kebocoran yang boleh dikesan oleh instrumen. Walau bagaimanapun, peraturan LDAR tidak semestinya memerlukan pengiraan kebocoran individu melebihi melebihi ambang pengesanan.

Pemeriksaan AVO adalah murah kerana ia dikumpulkan dalam tugas rutin lain di kemudahan dan tidak memerlukan peralatan khas. Walau bagaimanapun, keberkesanannya dalam mengesan kebocoran adalah yang terbaik di tapak dengan peralatan mudah (seperti kepala telaga) dan tahap hingar yang rendah. Kamera OGI, yang memerlukan latihan khusus untuk mengendalikan dan menggunakan, adalah lebih berkesan untuk mengesan kebocoran.

Perbincangan masih diteruskan tentang cara memastikan bahawa peraturan LDAR menggalakkan inovasi dan pembangunan teknologi termaju, seperti tinjauan udara dari kapal terbang atau dron, satelit dan pemantauan berterusan. Sesetengah bidang kuasa telah mewujudkan proses untuk pengendali membuat petisyen untuk menggunakan pendekatan alternatif dengan membuktikan bahawa ia boleh mencapai sekurang-kurangnya tahap pengurangan pelepasan yang sama

seperti teknologi pengesanan yang dinyatakan dalam peraturan. Pilihan lain yang berpotensi termasuk membangunkan rangka kerja yang lazim untuk menilai kesetaraan teknologi pemantauan yang muncul bagi mengenal pasti pengurangan pelepasan.

Memandangkan bilangan pilihan pengesanan yang berbeza dan teknologi yang berkembang pesat, sesetengah pengawal selia memilih untuk memasukkan pendekatan daripada bidang kuasa lain dalam peraturan mereka. Sebagai contoh, banyak bidang kuasa telah merujuk kepada piawaian pengesanan instrumen Agensi Perlindungan Alam Sekitar A.S. – EPA Method 21. Butiran lanjut tentang teknologi ini boleh ditemui dalam *Bab 8: Inventori* dan *Bab 9: Pengawasan*.

Kekerapan Pemeriksaan. Kekerapan pemeriksaan (tahunan, suku tahunan, dsb.) mempengaruhi potensi pengurangan pelepasan program LDAR. Tinjauan yang lebih kerap membawa kepada pengesanan dan pemberian kebocoran yang lebih cepat tetapi dengan kos tambahan. Pada satu ketika, tinjauan tambahan boleh mencapai titik pulangan berkurangan. Satu sumber bimbingan tentang kekerapan tinjauan dan pengukuran ialah MiQ, yang menyediakan piawaian pensijilan pelepasan gas metana.⁴⁶

Keperluan pemberian. Peraturan LDAR boleh menghendaki syarikat membaiki sebarang kebocoran yang dikesan semasa tinjauan berkala. Peraturan ini boleh meminta garis masa khusus untuk pemberian ini, seperti 30 hari. Tempoh yang lebih lama mungkin diperlukan untuk pemberian yang rumit. Tarikh akhir pemberian yang lebih pendek memastikan kebocoran dibaiki dengan lebih cepat tetapi boleh membawa implikasi operasi untuk kemudahan. Sesetengah peraturan menyatakan bahawa jika pemberian boleh dibuat tanpa menutup kemudahan, pemberian diperlukan dalam jangka masa yang singkat, seperti 30 hari, tetapi membenarkan tempoh masa yang lebih lama untuk pemberian yang memerlukan penutupan penuh.

Pelaporan, pensijilan dan pengauditan. Peraturan LDAR boleh menghendaki syarikat untuk menyimpan rekod tinjauan pengesanan kebocoran, kebocoran yang dikesan dan tindakan pembaikan mereka. Ini boleh dilakukan melalui templat tertentu atau alat pelaporan dalam talian. Laporan ini mungkin termasuk:

- Tarikh tinjauan.
- Jenis instrumen pengesanan.
- Butiran tentang sumber yang ditinjau (lokasi, jenis kemudahan).
- Maklumat tentang sebarang kebocoran yang dikesan (jenis komponen, jenis perkhidmatan, dsb.).
- Tindakan yang diambil ke atas pembaikan, termasuk tarikh.
- Hasil pembaikan, termasuk tinjauan susulan.

Sesetengah peraturan memerlukan laporan LDAR diperakui atau diaudit oleh pihak ketiga. Amalan ini boleh membantu pengawal selia memastikan bahawa laporan adalah lengkap dan tepat, dengan beban pentadbiran tambahan ke atas pengendali.

Contoh: Keperluan LDAR Persekutuan Kanada

Pada tahun 2018, kerajaan persekutuan Kanada menetapkan keperluan LDAR kebangsaan yang mempunyai banyak ciri yang dinyatakan di atas.⁴⁷

Skop kemudahan yang diperiksa. Peraturan negara Kanada hanya terpakai kepada kemudahan besar, secara amnya meliputi semua kemudahan minyak dan gas huluhan, termasuk pad telaga dan stesen pemampat, yang menghasilkan atau mengendalikan lebih daripada $60,000 \text{ m}^3$ gas asli setiap tahun.⁴⁸ Seksyen 28(1) peraturan itu juga secara jelas mengecualikan peralatan tertentu daripada keperluan LDAR:

Seksyen 28 (1) Seksyen 29 hingga 36 tidak terpakai untuk:

- (a) komponen peralatan yang digunakan pada kepala telaga di tapak yang tiada kepala telaga atau peralatan lain kecuali untuk mengumpul saluran paip atau meter yang disambungkan ke kepala telaga;
- (b) sepasang injap pengasingan pada saluran paip penghantaran jika tiada peralatan lain terletak pada segmen saluran paip yang boleh diasingkan dengan menutup injap; dan
- (c) komponen peralatan yang digunakan di kemudahan minyak dan gas huluan yang pemeriksannya akan menimbulkan risiko serius kepada kesihatan atau keselamatan manusia.

Dengan menentukan kemudahan, peralatan atau keadaan yang dikecualikan, peraturan Kanada memfokuskan pemeriksaan pada sumber kebocoran yang paling penting untuk mencapai pengurangan yang bermakna. Sebagai contoh, oleh sebab kebocoran sering berlaku daripada komponen atau peralatan di kemudahan, tapak kepala telaga sahaja dengan beberapa komponen dan tiada peralatan lain (cth., tangki simpanan, pemampat, dll.) dikecualikan kerana kebarangkalian kebocoran yang lebih rendah. Begitu juga, injap pengasingan pada saluran paip penghantaran dikecualikan dalam (b) kerana potensi pelepasan daripada komponen ini di kemudahan ini adalah rendah. Pengecualian ketiga di (c) meliputi mana-mana keadaan di mana pemeriksaan itu boleh menimbulkan risiko kepada kesihatan atau keselamatan manusia, memberikan kurang kejelasan tentang tempat ia akan digunakan. Pengecualian boleh meringankan beban pengendali tetapi mungkin terlepas pelepasan daripada pelepas gas metana yang ketara dan meningkatkan beban kepada pengawal selia untuk menangani permintaan pengecualian.

Teknologi pengesanan dan ambang pengesanan. Negara Kanada memerlukan pemeriksaan berasaskan instrumen. Ia menetapkan dua instrumen yang layak untuk digunakan: (1)

instrumen pemantauan mudah alih yang memenuhi spesifikasi operasi dan penentukan tertentu dan (2) instrumen OGI yang mampu memenuhi keperluan pengesanahan khusus. Seksyen 30(2) memperuntukkan bahawa instrumen pemantauan mudah alih mesti mematuhi EPA Method 21 dalam spesifikasi, aplikasi dan penentukannya. Untuk kamera OGI, peraturan itu menetapkan ambang kepekatan “paling banyak 500 ppm [mengikut isipadu] dan pada kadar aliran sekurang-kurangnya 60 [gram/jam] yang bocor dari bukaan berdiameter 0.635 sentimeter.” Ia juga termasuk keperluan jarak melihat.⁴⁹

Keperluan penggunaan instrumen ini boleh melibatkan kos latihan dan peralatan tetapi boleh mengesan kebocoran yang akan terlepas oleh kaedah AVO. Dengan merujuk spesifikasi sedia ada daripada pengawal selia lain, peraturan Kanada mengelakkan keperluan untuk membangunkan piawaian teknikal terperinci sambil memastikan ketekalan bagi pengendali yang perlu mematuhi spesifikasi yang sama dalam bidang kuasa mereka.

Peraturan Kanada membolehkan pengendali mewujudkan program LDAR alternatif selagi ia “menghasilkan kuantiti pelepasan fugitif yang sama seperti yang akan terhasil daripada” program LDAR yang selaras dengan peraturan.⁵⁰ Peraturan itu juga memperuntukkan bahawa program alternatif mesti mempunyai elemen berikut:

- (a) pemeriksaan kebocoran;
- (b) pengendalian, penyelenggaraan dan penentukan instrumen mengesan kebocoran, jika berkenaan; dan
- (c) pembaikan kebocoran yang dikesan.⁵¹

Fleksibiliti ini membolehkan pengendali menggunakan instrumen yang tidak disenaraikan secara langsung di bawah peraturan atau untuk memeriksa dengan frekuensi yang berbeza. Menggunakan program alternatif meletakkan beban pada pengendali untuk menunjukkan keberkesanannya dengan dokumen sokongan yang perlu diserahkan kepada pengawal selia.

Kekerapan Pemeriksaan. Peraturan Kanada menetapkan jangka masa untuk pemeriksaan awal dan seterusnya:

30(3) Tempoh untuk pemeriksaan adalah seperti berikut:

- (a) untuk pemeriksaan pertama, pada atau sebelum lewat 1 Mei 2020, dan hari yang berlaku 60 hari selepas hari pengeluaran di kemudahan itu mula-mula dimulakan; dan*
- (b) untuk pemeriksaan berikutnya, sekurang-kurangnya tiga kali setahun dan sekurang-kurangnya 60 hari selepas pemeriksaan sebelumnya.*

Sebagai contoh, kemudahan baharu dikehendaki melakukan pemeriksaan LDAR dalam tempoh 60 hari selepas hari pertama pengeluaran dan kemudian sekurang-kurangnya tiga kali setahun di setiap kemudahan dengan sekurang-kurangnya 60 hari antara pemeriksaan. Kekerapan ini membolehkan pengendali menentukan jadual pemeriksaan terbaik merentasi berbilang kemudahan dalam had peraturan.

Keperluan pembaikan. Peraturan Negara Kanada mensyaratkan kebocoran yang dikesan dibaiki. Tarikh akhir pembaikan berbeza-beza bergantung pada cabaran pembaikan. Jika pembaikan boleh dibuat semasa komponen beroperasi, pengendali perlu membuat pembaikan dalam masa 30 hari:

32 (1) Kebocoran daripada komponen peralatan yang dikesan, sama ada akibat pemeriksaan atau sebaliknya, mesti dibaiki.

(a) jika pembaikan boleh dibuat semasa komponen peralatan beroperasi, dalam tempoh 30 hari selepas hari ia dikesan.

Walau bagaimanapun, jika pembaikan memerlukan penutupan, pembaikan boleh dilakukan semasa penutupan berikutnya yang dirancang:

32(1) (bersambung)

(b) dalam mana-mana kes lain, dalam tempoh sebelum tamat penutupan yang dirancang seterusnya melainkan tempoh itu dilanjutkan di bawah seksyen 33.

Peraturan selanjutnya menyatakan bahawa tarikh akhir

untuk melaksanakan penutupan yang dirancang seterusnya adalah berdasarkan saiz relatif kebocoran berbanding dengan pelepasan yang akan keluar semasa proses pembaikan:

(2) *Penutupan terancang yang berikutnya mesti dijadualkan tidak lewat daripada tarikh anggaran isipadu gas hidrokarbon, dinyatakan dalam m³ piawai, yang bermula dari hari kebocoran dikesan, dan jika tiada pembaikan dibuat, akan terlepas daripada komponen peralatan yang bocor tersebut dan daripada semua komponen peralatan lain yang juga bocor pada hari itu adalah sama dengan isipadu gas hidrokarbon, dinyatakan dalam m₃piawai, yang akan terlepas akibat pembersihan gas hidrokarbon daripada komponen peralatan untuk dibaiki.*

Dalam erti kata lain, oleh sebab penutupan dan pembaikan komponen mungkin memerlukan pelepasan gas di dalam komponen, pembaikan mesti dijadualkan sebelum pelepasan kumulatif daripada kebocoran melebihi jangkaan pelepasan akibat penutupan.⁵² Pendekatan ini memberikan fleksibiliti kepada syarikat untuk menjadualkan pembaikan sambil menyediakan had untuk memastikan kebocoran tidak berterusan selama-lamanya.

Pelaporan, pensijilan dan pengauditan. Peraturan Negara Kanada mensyaratkan pengendali untuk menyediakan dan menyimpan rekod dan dokumen sokongan, termasuk:

- Setiap penentukan instrumen pemeriksaan.
- Tarikh pemeriksaan.
- Jenis dan lokasi peralatan dengan koordinat GPS.
- Jenis instrumen yang digunakan.
- Dalam kes OGI, imej dirakam dengan petunjuk terbenam tentang data dan masa.
- Kebocoran yang dikesan dan dokumentasi langkah-langkah yang diambil untuk membaiki kebocoran.⁵³

Negara Kanada mensyaratkan rekod ini mesti dibuat dalam masa 30 hari selepas maklumat tersedia dan rekod tersebut disimpan selama lima tahun.⁵⁴ Peraturan ini menghendaki ia diserahkan

dalam tempoh 60 hari selepas permintaan.⁵⁵ Pendekatan ini mengurangkan beban pentadbiran yang berterusan terhadap pengawal selia daripada menerima dan menyemak laporan ketika menyediakan mekanisme untuk pegawai kerajaan mendapatkan maklumat untuk semakan mengikut keperluan. Kegagalan untuk mematuhi pelaporan peraturan ini atau peruntukan lain boleh menyebabkan pengendali dikenakan penalti monetari.

Untuk butiran lanjut tentang mekanisme pematuhan, baca *Bab 10: Memastikan Pematuhan*.

6. Penyalaan dan Pelohongan

Ringkasan Penting

- Menangani penyalaan dan pelohongan gas asli adalah salah satu cara utama pengawal selia boleh mengurangkan pelepasan gas metana oleh sektor minyak dan gas.
- Teknologi untuk mengurangkan atau menghapuskan penyalaan dan pelepasan gas rutin adalah diketahui ramai dan dengan infrastruktur yang sesuai, teknologi ini boleh digunakan.
- Sejumlah negara telah menerima pakai peraturan untuk mengurangkan penyalaan dan pelepasan gas. Peraturan penyalaan dan pelepasan gas ini secara amnya merangkumi beberapa ciri utama, yang dibincangkan secara lebih terperinci dalam bab ini.
- Negara Colombia dan Kazakhstan baru-baru ini telah menggubal peraturan baharu untuk mengurangkan penyalaan dan pelepasan gas. Bahagian ini melihat teks peraturan mereka sebagai sumber gambaran tentang cara pengawal selia lain boleh menetapkan peraturan penyalaan dan pelepasan gas mereka.

Penyalaan ialah pembakaran gas asli terkawal atas sebab operasi, keselamatan atau ekonomi. **Pelohongan** ialah pelepasan gas asli yang disengajakan ke atmosfera. Dari perspektif pelepasan gas rumah hijau, penyalaan adalah lebih baik daripada pelohongan kerana ia membakar gas metana menjadi karbon dioksida dan bukannya membebaskan gas metana secara langsung – yang mempunyai potensi pemanasan global yang lebih tinggi – ke atmosfera.

Bab ini memfokuskan pada keadaan di mana gas asli dinyalakan atau sengaja dilepaskan atas sebab operasi, keselamatan atau ekonomi. Ambil perhatian bahawa penyalaan daripada operasi biasa peralatan atau penyelenggaraan atau proses lain diliputi oleh bahagian piawaian peralatan dalam *Bab 7: Piawaian Peralatan dan Proses*.

Penyalaan dan pelohongan adalah pembaziran sumber tenaga dan menjadi sumber pelepasan gas rumah hijau dalam sektor

minyak dan gas. Kedua-duanya juga menyumbang kepada tahap pencemaran udara tempatan. Gas yang dinyalakan membebaskan CO₂, karbon hitam (jelaga), dan sejumlah gas metana yang tidak terbakar. Malah penyalaan dengan prestasi terbaik tidak mencapai kecekapan pemusnahan 100 peratus (sesetengah andaian sehingga setinggi 98 peratus; IEA menganggarkan bahawa kecekapan pemusnahan biasa ialah 92 peratus), dan banyak yang hanya mencapai kecekapan yang jauh lebih rendah.

Ciri-ciri Peraturan Penyalaan dan Pelohongan

Sekatan penyalaan dan pelohongan adalah perkara biasa. Beberapa bidang kuasa baru-baru ini telah mengambil langkah untuk mengembangkan atau meningkatkan undang-undang yang bertujuan untuk mengurangkan penyalaan dan pelohongan, termasuk negara Colombia, Nigeria dan Kazakhstan. Negara lain pula telah menerima pakai peraturan yang melarang penyalaan rutin, termasuk Belanda, Norway dan Negeri New Mexico di A.S.

Pengawal selia ada pilihan yang terbukti bagi mengurangkan atau mencegah penyalaan atau pembuangan gas rutin, terutamanya untuk gas bersekutu daripada pengeluaran minyak. Ini termasuk:

Apabila permit diperlukan. Sesetengah bidang kuasa memerlukan pengendali mendapatkan permit atau kebenaran untuk penyalaan. Jika kejadian yang tidak dirancang berlaku, peraturan mungkin memerlukan pengendali untuk menyerahkan laporan selepas kejadian tersebut. Syarat permit memberi bidang kuasa peluang untuk mengumpul maklumat tentang penyalaan dan pelohongan yang berlaku. Ini boleh membantu memahami tahap pelepasan keseluruhan. Kos untuk mematuhi had penyalaan boleh dipertimbangkan dalam proses kelulusan permit.

Pengecualian kepada larangan penyalaan dan pelohongan. Penyalaan biasanya dibenarkan untuk tujuan keselamatan atau melindungi kesihatan manusia. Sesetengah negara membenarkan pengecualian kepada larangan penyalaan di mana penyalaan akan menjadi tidak wajar dari segi ekonomi, dengan kos yang tinggi, atau di mana kos menggunakan gas adalah lebih tinggi daripada nilai yang diterima. Beberapa bidang kuasa telah menetapkan bahawa kekurangan infrastruktur saluran paip yang tersedia tidak mewajarkan penyalaan. Apabila memutuskan pengecualian yang dibenarkan, kerajaan mungkin menimbang kos kepada industri berbanding mengurangkan pelepasan dan mengelakkan pembaziran gas asli. Kesan ke atas hasil minyak juga boleh menjadi pertimbangan.

Pengurangan penyalaan dari semasa ke semasa. Perkongsian Pengurangan Penyalaan Gas Global Bank Dunia (Global Gas Flaring Reduction Partnership, GGFR)⁵⁶ menjamin komitmen global daripada kerajaan dan syarikat untuk menamatkan penyalaan gas rutin. Sesetengah negara dan syarikat telah menandatangani inisiatif Penyalaan Rutin Sifar menjelang tahun 2030.⁵⁷ Sesetengah negara telah memasukkan sasaran ini atau tarikh sasaran yang lebih awal, seperti tahun 2025, dalam peraturan mereka.

Kecekapan penyalaan. Tidak semua gas asli yang dinyalakan terbakar sepenuhnya. Sesetengah nyalaan mungkin tidak berfungsi dengan betul dan beroperasi secara kurang cekap berbanding piawaian industri.⁵⁸ Sesetengah api nyalaan (juga dipanggil nyalaan pandu atau api pandu) mungkin terpadam, yang membawa kepada pelepasan gas metana. Meningkatkan kecekapan nyalaan merupakan bidang penyelidikan pembangunan teknologi dan pengurangan pelepasan yang penting.⁵⁹

Sesetengah negara mempunyai peraturan yang menetapkan piawaian reka bentuk atau had operasi untuk peralatan nyalaan bagi memastikan tahap kecekapan pemusnahan minimum untuk nyalaan.⁶⁰

Royalti, penalti dan insentif ekonomi lain. Peraturan penyalaan dan pelepasan gas boleh termasuk elemen preskriptif, seperti larangan atau keperluan permit, dan elemen ekonomi, seperti caj royalti. Penyalaan adalah agak mudah untuk diukur dan disukat ([baca Bab 9: Pengawasan](#)), maka insentif ekonomi lebih berdaya maju untuk penyalaan berbanding pelepasan fugitif (atau pelepasan gas). Royalti atau cukai penyalaan boleh memberikan insentif kewangan kepada syarikat untuk mengurangkan penyalaan mereka. Caj ini boleh dikenakan ke atas isipadu penyalaan atau isipadu melebihi nilai ambang. Kesan daripada langkah ini boleh dipengaruhi oleh kadar royalti, infrastruktur, harga gas dan permintaan.

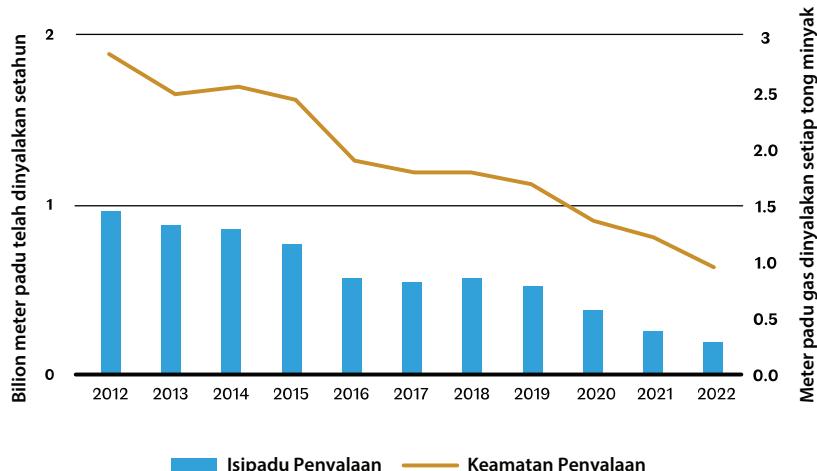
Pengukuran dan pelaporan. Banyak kerajaan memerlukan pengendali melaporkan isipadu gas yang dinyalakan atau dilepaskan. Dalam sesetengah kes, pengukuran langsung isipadu penyalaan diperlukan, manakala yang lain, jumlah dianggarkan menggunakan nisbah gas berbanding minyak dan jumlah pengeluaran minyak.

Insentif untuk meningkatkan penggunaan gas. Sesetengah negara telah menyediakan insentif untuk membantu mewujudkan pasaran domestik atau peluang penggunaan lain yang berpotensi untuk gas yang sebaliknya akan dinyalakan. Sesetengah negara mensyaratkan pengendali untuk membangunkan rancangan penggunaan gas dan menawarkan pelaburan langsung dalam infrastruktur untuk penggunaan gas atau insentif lain bagi menggalakkan penggunaan. Sebuah projek baru-baru ini di Angola mengubah hala gas yang akan dibakar menjadi LNG yang dieksport.⁶¹

Contoh: Sekatan Penyalaan dan Pelohongan di negara Colombia

Negara Colombia telah mengurangkan pembakaran dengan ketara melalui peraturan dan usaha syarikat minyak negara,

Ecopetrol. Antara tahun 2012 dan 2022, negara Colombia mengurangkan jumlah gas nyalaan mutlaknya sebanyak 75 peratus, manakala pengeluaran menurun anggaran 20 peratus. Dalam tempoh yang sama ini, keamatian nyalaan (meter padu gas yang dinyalakan bagi setiap tong minyak yang dihasilkan) menurun anggaran 65 peratus, menjadikan negara Colombia sebagai antara prestasi teratas di dunia untuk pengurangan penyalaan, bersama-sama dengan negara Norway, Kanada dan Brazil.



Rajah 6.1: Isipadu dan keamatian nyalaan di Colombia, 2012-2022.⁶²

Peraturan gas asli bersekutu negara Colombia termasuk:

- ➔ Penguatkuasaan langkah penyalaan dan pelepasan gas oleh pengawal selia, Agensi Hidrokarbon Negara (National Hydrocarbons Agency, ANH) dan Kementerian Galian dan Tenaga (Ministry of Mines and Energy, MME).
- ➔ Bayaran kewangan oleh pengendali kepada kerajaan untuk penyalaan dan pelepasan gas.
- ➔ Menggalakkan pasaran gas domestik yang kompetitif melalui

akses terbuka dan tanpa diskriminasi kepada infrastruktur gas.

Resolusi 40066 yang penting bagi negara Colombia, yang diterima pakai pada 2022, menetapkan:

- Pelohongan diharamkan dalam penerokaan dan pengeluaran, dengan pengecualian semasa kecemasan atau untuk penyelenggaraan.
- Semua penyalaan memerlukan kebenaran pengawal selia terlebih dahulu, yang mesti disertakan dalam permit tahunan.
- Penyalaan secara umumnya tidak dibenarkan, dengan pengecualian terhad, termasuk atas sebab keselamatan, penyelenggaraan terancang dan ketidakupayaan ekonomi.
- Penyalaan disebabkan oleh peristiwa yang tidak dirancang perlu dianggarkan lebih awal berdasarkan tahun sebelumnya dan tertakluk kepada penamatkan berperingkat selama lima tahun.
- Pengendali mesti membayar royalti ke atas gas yang dinyalakan, dibuang, atau sebaliknya tidak digunakan melainkan dibenarkan oleh permit.⁶³

Resolusi 40066 menangani ciri utama peraturan pelepasan gas dan penyalaan:

Apabila permit diperlukan. Resolusi 40066 melarang pelohongan bersekutu dengan sengaja dan memerlukan pengumpulan untuk kegunaan atau penghalaan ke penyalaan di mana keadaan teknikal atau ekonomi menghalang penggunaan. Peruntukan ini termasuk pengecualian terhad tanpa kebenaran awal. Pengendali dikehendaki memaklumkan kepada pengawal selia dalam masa 24 jam selepas kejadian pelepasan.

Resolusi 40066 melarang pengendali daripada menyalaikan gas asli tanpa kebenaran penyalaan dan permit keluaran ANH. Permit tahunan diperlukan.

Untuk memperoleh permit penyalaan tahunan, pengendali mesti mengemukakan permintaan sekurang-kurangnya 30

hari sebelum memulakan operasi atau tamat tempoh permit semasa, dengan maklumat tentang tahap pembakaran yang dijangkakan untuk setiap sebab ini, justifikasi dan maklumat sokongan. Untuk menyalakan gas kerana ia tidak berdaya maju dari segi ekonomi, pengendali mesti menunjukkan bahawa gas bersekutu tidak boleh dikomersialkan.

Perkara 18 menetapkan perkara yang perlu dikemukakan oleh pengendali untuk mendapatkan permit tahunan:

[Petikan dari Perkara 18:]

1. *Sebab dan justifikasi untuk penyalaan gas asli.*
2. *Jumlah maksimum gas asli yang akan dinyalakan ditentukan mengikut Perkara 17 resolusi ini.*
3. *Anggaran jumlah gas yang akan dinyalakan atas alasan keselamatan, disokong oleh pengiraan atau nilai yang ditetapkan oleh pembekal.*
4. *Anggaran jumlah gas asli yang tidak dapat dilaksanakan secara ekonomi yang disokong oleh kajian teknikal-ekonomi masing-masing.*
5. *Anggaran jumlah peristiwa dirancang yang disokong oleh gas di bawah pelan penyelenggaraan.*
6. *Dalam kes membentangkan jumlah gas dari peristiwa yang tidak dirancang, ia perlu dijustifikasikan dengan penyerahan pelan pengoptimuman operasi.*
7. *Anggaran jumlah gas dari pelepasan yang disengajakan yang dikumpulkan untuk penyalaan yang disokong oleh pengiraan masing -masing.*
8. *Alternatif dan sokongan untuk menjalankan penggunaan gas, apabila berkenaan.⁶⁴*

Di samping itu, permit penyalaan kes istimewa diperlukan untuk peristiwa yang tidak termasuk dalam permit tahunan dan disebabkan oleh pengurusan gas atau sebab yang tidak dikaitkan dengan amalan operasi. Sekiranya permit tidak dihantar, pengendali mesti memberikan pemberitahuan dalam

masa 24 jam. ANH mesti membuat keputusan terhadap setiap permintaan permit dalam tempoh 30 hari selepas penerimaan. ANH juga boleh meminta maklumat tambahan untuk menilai permintaan permit dalam tempoh 7 hari selepas penerimaan.

Pengecualian terhadap larangan penyalaan dan pelepasan gas. Resolusi 40066 (Perkara 34) menyediakan tiga pengecualian untuk larangan penyalaan.

1. Penyalaan boleh berlaku dalam keadaan kecemasan, dan ANH mesti dimaklumkan dalam masa 24 jam selepas berakhirnya kecemasan.
2. Pelohongan mungkin berlaku berkaitan dengan program penyelenggaraan pencegahan di kemudahan, dan ANH mesti dimaklumkan dalam masa 24 jam.
3. Apabila isipadu gas kurang daripada yang diperlukan untuk mengekalkan pembakaran api pandu penyalaan.

Kebenaran penyalaan boleh diberikan dalam keadaan berikut:

- Alasan keselamatan.
- Penyalaan rutin adalah tertakluk kepada had yang terdapat dalam peraturan (cth. api pandu).
- Di mana tangkapan secara ekonomi tidak berdaya maju (dengan menunjukkan justifikasi).
- Penyalaan yang berkaitan dengan penyelenggaraan yang dirancang.
- Gas yang dikumpulkan jika tidak akan dilepaskan dengan sengaja.
- Peristiwa yang tidak dirancang yang sewajarnya dibenarkan.

Pengendali mesti mengemukakan dokumentasi sokongan untuk mewajarkan penyalaan. Resolusi ini menyatakan bahawa kebenaran penyalaan akan diberikan apabila gas yang terkumpul jika tidak akan dilepaskan. Ini menghapuskan insentif untuk melepaskan gas berbanding mendapatkan permit penyalaan.

Pengurangan penyalaan dari semasa ke semasa. Resolusi 40066 termasuk pengiraan untuk jumlah maksimum gas yang boleh

dinyalakan, yang pada dasarnya adalah jumlah anggaran untuk penyalaan yang dibenarkan di bawah setiap pengecualian yang disenaraikan di atas. Walau bagaimanapun, jumlah maksimum yang dibenarkan oleh sebab peristiwa yang tidak dirancang, mesti berkurangan sebanyak 20 peratus setiap tahun dalam tempoh lima tahun, sehingga mencapai sifar pada tahun kelima. Pengurangan ini hanya terpakai untuk kategori spesifik penyalaan (peristiwa tidak dirancang) dan tidak terpakai kepada situasi di mana penangkapan tidak berdaya maju dari segi ekonomi atau kepada keadaan yang terhad di mana penyalaan rutin dibenarkan.

Kecekapan penyalaan. Resolusi 40066 (Perkara 22) memerlukan pengendali pada setiap tahun mengesahkan bahawa setiap nyalaan telah diperiksa dan beroperasi dalam julat yang boleh diterima. Pengendali sendiri boleh melakukan pengesahan, dengan syarat mereka mempunyai peralatan dan keupayaan teknikal yang diperlukan. Selain itu, peralatan pemantauan perlu dipasang untuk memastikan nyalaan berfungsi dengan sewajarnya:

[Petikan dari Perkara 22:]

Untuk ini, teknologi terbaik yang ada akan digunakan untuk memantau nyalaan, seperti kamera inframerah untuk menentukan penjanaan asap daripada pembakaran hidrokarbon cecair atau dron pengukuran pelepasan untuk memeriksa status sistem penyalaan api pandu atau peralatan yang serupa.⁶⁵

Jika isu atau masalah ditemui, pengendali mesti (1) membaiki secepat mungkin, dalam masa tidak melebihi 6 bulan, dan (2) melaporkan keadaan kepada pengawal selia.

Royalti, penalti dan insentif ekonomi lain. Resolusi 40066 dan yang terdahulu menetapkan dua insentif kewangan bagi pengendali sebagai insentif kepada mereka untuk tidak menjalankan penyalaan lebih daripada yang dibenarkan di bawah permit mereka:

- **Royalti.** Perkara 18 menyatakan bahawa royalti akan dikenakan ke atas mana-mana penyalaan yang melebihi jumlah yang dibenarkan dalam permit penyalaan. Oleh itu, apa jua jumlah yang mereka laporan melebihi permit akan secara automatik tertakluk kepada pembayaran royalti.
- **Penalti pentadbiran.** Di bawah Resolusi 40066 dan Kod Petroleum 1953, penalti untuk pelanggaran (penyalaan lebih daripada yang dibenarkan di bawah permit) ialah \$5,000.

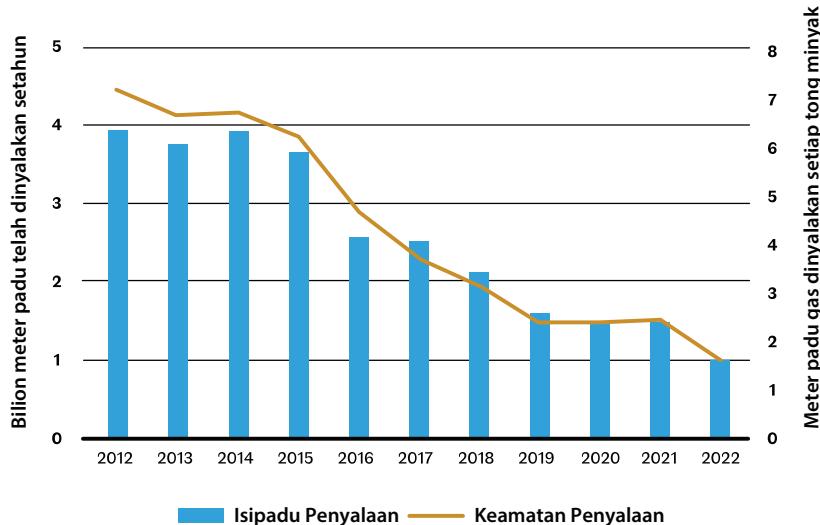
Pengukuran dan pelaporan. Resolusi 40066 memerlukan pengukuran dan pelaporan bulanan jumlah penyalaan dan menyediakan satu format pelaporan:

Perkara 24. Pengukuran dan Pelaporan Isipadu Penyalaan Gas Asli. Semua isipadu pembakaran gas asli mesti diukur dan dilaporkan oleh Pengendali pada setiap bulan kepada [ANH] melalui [Borang Pelaporan] yang dilampirkan atau yang bertindak sedemikian.⁶⁶

Resolusi 40066 juga memerlukan gas yang dilepaskan dengan sengaja dilaporkan kepada pihak berkuasa, bersama-sama dengan justifikasi. Walau bagaimanapun, ia tidak memerlukan pengukuran. Sebaliknya, ia menyatakan bahawa isipadu mesti dikira dan dilaporkan mengikut templat dan prosedur pelaporan pengeluaran.

Contoh: Penggunaan Gas Bersekutu di Kazakhstan

Negara Kazakhstan ialah contoh cara negara boleh mengurangkan penyalaan dengan menggalakkan penggunaan gas bersekutu. Penyalaan di negara Kazakhstan telah turun dengan ketara sepanjang dekad yang lalu, seperti yang digambarkan di bawah:



Rajah 6.2: Isipadu dan keamatian nyalaan di Kazakhstan, 2012-2022.⁶⁷

Insentif untuk meningkatkan penggunaan gas. Seperti kebanyakan negara, Kazakhstan telah mengharamkan penyalaan dan pelepasan gas, tertakluk kepada pengecualian tertentu, termasuk untuk melindungi kesihatan dan keselamatan manusia.⁶⁸ Pada masa yang sama, Kazakhstan telah menggalakkan pengeluar minyak untuk menggunakan atau memasarkan gas bersekutu.

Di negara Kazakhstan, sumber petroleum – termasuk gas bersekutu – adalah hak milik Negara.⁶⁹ Pemilikan Negara memberikan insentif yang kuat kepada kerajaan untuk memastikan sumber itu digunakan secara produktif dan tidak dibazirkan.

Undang-undang Petroleum Negara Kazakhstan mensyaratkan pengendali untuk membangunkan pelan penggunaan gas bersekutu sebelum menerima kelulusan untuk membina mana-mana projek medan minyak baharu. Pengawal selia perlu meluluskan pelan ini sebelum projek diberikan permit, dan perlu dikemas kini setiap tiga tahun. Pengendali juga perlu mengemukakan laporan tahunan tentang pelaksanaan pelan penggunaan gas.⁷⁰

Undang-undang negara Kazakhstan menyediakan empat pilihan untuk menggunakan gas bersekutu:

1. Gas boleh dinyalakan jika ia layak untuk salah satu pengecualian (cth., penyalaan kecemasan untuk melindungi kesihatan dan keselamatan manusia, penyalaan semasa ujian, dsb.).
2. Gas boleh digunakan untuk tujuan segera pengendali, seperti pembakaran untuk kuasa di tapak.
3. Gas boleh dijual kepada pengguna lain untuk pemprosesan dan pemasaran.
4. Jika pemprosesan gas mentah tidak ekonomik, gas boleh disuntik semula ke dalam takungan bawah tanah untuk penyimpanan atau untuk mengekalkan tekanan takungan.⁷¹

Pengendali mesti menyerahkan pelan tangkapan dan penggunaan (yang tidak termasuk pelepasan gas dan penyalaan rutin) untuk kelulusan projek baharu. Undang-undang memberi kuasa kepada pengawal selia untuk bekerjasama dengan pengendali kemudahan sedia ada dalam menetapkan sasaran progresif bagi tangkapan dan penggunaan berdasarkan kebolehlaksanaan ekonomi.

Keperluan penggunaan boleh membantu mewujudkan pasaran domestik untuk gas bersekutu dan insentif untuk pemasangan infrastruktur yang diperlukan. Oleh kerana syarikat dikehendaki mencari peluang penggunaan secara aktif, ini mewujudkan peluang perniagaan untuk syarikat yang mungkin boleh menggunakan gas tersebut secara produktif.

Negara Kazakhstan bermula dengan kelebihan infrastruktur gas sedia ada – termasuk saluran paip pertengahan, pengagihan bandar dan saluran paip eksport – dan pangkalan pelanggan dan pelanggan industri yang sedia ada. Oleh itu, pengeluar minyak boleh menghantar gas melalui infrastruktur penghantaran sedia ada ke pasaran domestik dan eksport. Ciri lain rejim kawal selia, termasuk sekatan penyalaan dalam Kod Alam Sekitar, menggalakkan penggunaan gas. Negara Kazakhstan juga mengenakan penalti monetari terhadap pelanggaran syarat kelulusan. Tumpuan negara Kazakhstan untuk memastikan gas bersekutu boleh mencapai pasaran pengguna, bersama-sama dengan sekatan peraturan ini, telah mengurangkan penyalaan dengan ketara.



Sumber yang Berguna tentang Penyalaan dan Pelohongan

Bank Dunia 2022: Kajian Perbandingan Peraturan Penyalaan dan Pelohongan Global, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/summary-report>

Prinsip Bimbingan Gas Metana 2019, Mengurangkan Pelepasan Gas Metana: Bimbingan Amalan Terbaik — Penyalaan, [https://methane-guiding-principles.org/resources-and-guides/best-practice-guides/flaring](https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/flaring)

Perkongsian Pengurangan Penyalaan Gas Global, Inisiatif Iklim Minyak dan Gas, Prinsip Garis Panduan Gas Metana dan Kit Alat Penyalaan Gas Metana, <https://flaringmethanetoolkit.com/>

7. Piawaian Peralatan dan Proses

Ringkasan Penting

- Gas metana boleh dilepaskan daripada peralatan yang digunakan dalam sektor minyak dan gas hasil daripada reka bentuk peralatan tersebut atau piawaian operasi untuk peralatan tersebut. Sehubungan itu, syarat untuk pengendali mengguna pakai peralatan dan piawaian proses menjadi alat kawal selia yang penting untuk mengurangkan gas metana.
- Peraturan peralatan dan proses mungkin memerlukan syarikat menggantikan peralatan pelepasan tinggi dengan alternatif pelepasan rendah atau mengguna pakai prosedur khusus yang mengelakkan atau mengehadkan pelepasan gas metana.
- Terdapat banyak contoh peraturan piawaian peralatan dan proses dalam sektor minyak dan gas. Peraturan ini digunakan untuk penyiapan telaga dan peranti pneumatik, termasuk pengawal injap dan pam, pemampat, tangki simpanan, penyahhidrat glikol dan pemungahan cecair.
- Peraturan bulan November 2022 di Nigeria menunjukkan cara bagaimana sebuah negara menggunakan piawaian peralatan dan operasi sebagai sebahagian daripada pelan mengurangkan gas metana.

Piawaian peralatan ialah keperluan reka bentuk untuk jenis peralatan tertentu dalam sektor minyak dan gas. Piawaian proses, termasuk prosedur operasi standard, adalah syarat untuk mengendalikan bahagian peralatan tersebut atau menjalankan aktiviti tertentu. Gas metana mungkin dilepaskan daripada peralatan disebabkan oleh reka bentuknya dan semasa operasi biasa. Sebagai contoh, apabila pengendali perlu menjalankan penyelenggaraan pada peralatan seperti pemisah minyak dan gas, prosedur pengendalian standard mungkin melibatkan pelepasan gas bertekanan ke dalam supaya pekerja boleh menjalankan penyelenggaraan tersebut dengan selamat. Pelohongan mengeluarkan gas metana.

Pelepasan gas metana daripada peralatan dan proses boleh menjadi jumlah yang ketara. Oleh itu, banyak kerajaan telah menerima pakai peraturan yang memerlukan peralatan dinaik taraf kepada versi yang lebih baharu dengan pelepasan gas

metana yang kurang atau tiada langsung. Banyak kerajaan juga telah menerima pakai peraturan yang memerlukan perubahan langkah prosedur yang berpotensi mengurangkan pelepasan berbanding prosedur operasi sebelumnya.

Piawaian peralatan dan proses yang lebih baik boleh membantu mengurangkan pelepasan gas metana walaupun tanpa data terukur yang mantap daripada sumber pelepasan individu. Walau bagaimanapun, inventori sumber yang baik – walaupun berdasarkan faktor pelepasan standard – boleh membantu pengawal selia memahami peraturan yang akan memberi impak paling besar dan potensi kos kepada industri untuk melaksanakan piawaian.

Bentuk Tipikal Peraturan Peralatan atau Proses

Elemen khusus bagi piawaian pelepasan berkaitan peralatan bergantung pada sumber pelepasan yang disasarkan. Ini mungkin memerlukan syarikat untuk menggantikan peranti yang diketahui melepaskan gas metana dengan versi yang dinaik taraf, tanpa atau dengan pelepasan yang rendah atau memerlukan syarikat memasang peralatan baharu yang mendapatkan semula pelepasan.

Bagi **pelepasan berkaitan proses**, piawaian preskriptif boleh menentukan perubahan pada prosedur yang berpotensi mengurangkan pelepasan berbanding dengan prosedur pengendalian standard.

Peralatan/proses yang disasarkan. Menentukan peralatan yang perlu diberi perhatian dengan peraturan adalah persoalan paling penting semasa mereka bentuk piawaian peralatan. Keperluan kawalan khusus mungkin berbeza bergantung pada teknologi lazim dalam bidang kuasa dan pilihan pengurangan teknikal yang tersedia.

Peraturan boleh menyasarkan:

- Peranti pneumatik, termasuk pengawal injap dan pam. Sesetengah tempat di dunia mungkin merujuk peralatan ini sebagai penggunaan gas instrumen.
- Pemampat.
- Tangki simpanan.
- Penyahhidrat glikol.
- Pemunggahan cecair.
- Penyiapan telaga.

Pengawal selia boleh mempertimbangkan jumlah pelepasan daripada sumber yang berbeza dan kebolehlaksanaan serta kos yang berkaitan dengan pilihan pengurangan. Setiap pertimbangan ini boleh dipengaruhi oleh faktor serantau atau tempatan, seperti topografi atau iklim. Selalunya pengawal selia yang mahu membentuk atau mengemas kini peraturan piawaian peralatan dan proses boleh mengetahui lebih lanjut tentang ciri setempat sumber ini daripada pihak berkepentingan.

Sesetengah peraturan peralatan memerlukan pengawal pneumatik tanpa penujuhan, yang mewajibkan penggunaan sama ada elektrik (dari grid atau panel solar) atau udara instrumen dan bukannya gas asli. Kekhususan ini boleh memberikan kejelasan dan pengurangan yang boleh diramal tetapi mungkin tidak memberi insentif kepada penggunaan teknologi yang mungkin muncul kemudian untuk mengurangkan pelepasan kepada tahap yang setara pada kos yang sama atau lebih rendah.

Peraturan lain menggunakan **piawaian peralatan berdasarkan prestasi**. Daripada memerlukan peranti tertentu, peraturan boleh menyenaraikan tahap prestasi yang diperlukan – sebagai contoh, pengawal pneumatik yang melepaskan kurang daripada 0.17 meter padu standard sejam. Pendekatan ini membolehkan syarikat memilih mana-mana teknologi yang memenuhi sasaran prestasi, kadangkala dengan penjimatan kos.

Liputan sumber. Seperti yang dibincangkan sebelum ini, potensi pengurangan gas metana dan keluk kos boleh menjadi pertimbangan penting dalam reka bentuk kawal selia. Peraturan mungkin membezakan antara sumber besar dan kecil atau memberikan perbezaan lain yang berkaitan dengan kos atau kebolehlaksanaan pematuhan. Tempoh pelaksanaan secara berperingkat boleh memberikan masa kepada kemudahan sedia ada untuk menyesuaikan diri dengan piawaian yang serta-merta terpakai kepada sumber baharu. Dalam sesetengah peraturan, sumber sedia ada boleh membuat petisyen untuk pengecualian atau lanjutan tarikh akhir berdasarkan isu teknikal atau kos.

Pengawasan. Satu lagi pertimbangan utama ialah menentukan pengurangan pelepasan yang dicapai oleh satu syarat. Sesetengah peraturan bergantung sepenuhnya pada spesifikasi pengilang – jika produk direka bentuk untuk mengeluarkan kurang daripada had dalam peraturan, maka keperluan itu dipenuhi. Dalam kes lain, peraturan memerlukan ujian berkala ke atas peralatan. Ujian rutin memberikan lebih kepastian tentang pelepasan dengan kos pelaksanaan yang lebih tinggi untuk industri.

Pelaporan, pensijilan dan pengauditan. Keperluan pelaporan adalah penting untuk menjelaki pematuhan dan juga boleh membantu meningkatkan pematuhan dengan memastikan syarikat mengetahui prestasi mereka. Pelaporan juga merupakan asas ketelusan untuk mewujudkan akauntabiliti awam, yang merupakan pemacu utama untuk prestasi yang lebih baik. Dalam sesetengah kes, peraturan memerlukan syarikat untuk menyimpan rekod untuk tempoh tertentu, dan pengawal selia boleh mendapatkan rekod tersebut atas permintaan. Syarat untuk menyerahkan beberapa rekod paling penting secara elektronik juga boleh menjadi berharga. Syarikat akan tahu bahawa kerajaan mempunyai akses kepada rekod tersebut.

Sesetengah peraturan memerlukan pensijilan pihak ketiga melalui audit. Pensijilan pihak ketiga meningkatkan keyakinan bahawa syarikat mematuhi tanpa memerlukan alat jaminan

kerajaan yang besar, walaupun dengan kos tambahan untuk industri yang dikawal. Program pensijilan pihak ketiga adalah paling berkesan apabila pihak ketiga bebas sepenuhnya daripada entiti yang diaudit; penugasan juruaudit secara rawak adalah pendekatan yang terbukti berkesan untuk pengesahan yang lebih tepat.

Contoh: Peraturan Piawaian Peralatan di Nigeria

Nigeria menerima pakai satu peraturan pada tahun 2022 yang menetapkan piawaian khusus untuk beberapa kelas peralatan yang digunakan dalam operasi minyak dan gas hulu, termasuk pengawal pneumatik, pam pneumatik, pengedap pemampat empar, pemampat salingan, penyahhidrat glikol dan tangki simpanan cecair.⁷² Peraturan negara Nigeria ialah contoh penggunaan piawaian peralatan yang baik untuk mengurangkan gas metana. Bahagian ini membincangkan beberapa piawaian peralatan yang baharu ini secara terperinci:

Tangki Simpanan Cecair

Seksyen 3.4.6 peraturan Nigeria menetapkan piawaian untuk tangki simpanan cecair.

Peralatan/proses alternatif. Peraturan Nigeria memerlukan pengendali melaksanakan sistem pengumpulan wap atau peranti pembakaran (penyalaan) untuk tangki yang memenuhi ambang saiz tertentu:

1. Kepeluan kawalan

i. Untuk semua tangki simpanan bumbung tetap yang berpotensi melepaskan lebih daripada 2 tan setahun sebatian organik meruap akibat gas kilat, penyusutan kerja dan penyusutan penyejatan, pengendali hendaklah menghalakan pelepasan, termasuk semua pelepasan gas kilat dan pelepasan akibat penyusutan kerja dan

*penyusutan pernafasan, sama ada kepada sistem pengumpulan wap atau, dalam beberapa kes, kepada peranti pembakaran.*⁷³

Pengendali boleh memilih sama ada (1) sistem pengumpulan wap atau (2) peranti pembakaran. Dua pilihan untuk pematuhan ini memberikan syarikat kelonggaran untuk memilih penyelesaian yang paling sesuai untuk keadaan tertentu.

Di samping itu, pengendali perlu menilai sistem kawalan pencemaran mereka dan memperakui bahawa sistem itu cukup besar untuk menangkap pelepasan yang berkaitan dengan beberapa proses tangki yang berbeza.

*iv. Memerlukan pengendali tangki terkawal untuk menilai sistem mereka bagi mengawal pelepasan tangki dan memperakui bahawa rekaan setiap sistem adalah cukup besar untuk menangkap semua pelepasan yang mungkin (gas kilat, penyusutan kerja dan penyusutan penyejatan) daripada tangki.*⁷⁴

Selain itu, peraturan juga termasuk amalan operasi yang berkaitan dengan hac dan lubang akses lain yang digunakan untuk tujuan pemeriksaan atau pengukur aras:

iii. Melarang pembebasan pelepasan hidrokarbon dari hac dan lubang akses lain pada tangki semasa operasi biasa.

a. Hac boleh dibuka untuk tujuan pengukuran, tetapi hac hendaklah ditutup serta-merta selepas sampel diambil.

*b. Sebagai alternatif, pengendali boleh menggunakan sistem pengukur automatik atau spigot untuk mendapatkan sampel hidrokarbon dalam tangki tanpa membuka hac.*⁷⁵

Pengendali boleh mematuhi peraturan ini dengan memasang sistem pengukur automatik atau spigot untuk mengambil sampel tangki tetapi pemasangan bukan menjadi syarat. Jika pilihan ini tidak dipasang, pengendali mesti menutup lubang tangki secepat mungkin selepas sampel diambil. Pilihan ini memberikan pengendali lebih fleksibiliti kerana naik taraf peralatan tidak diwajibkan.

Liputan sumber. Peraturan Nigeria terpakai kepada semua tangki bumbung tetap yang berpotensi melepaskan lebih

daripada dua tan sebatian organik meruap (volatile organic compound, VOC) setahun, tanpa mengira umur tangki. Walau bagaimanapun, terdapat jadual pelaksanaan berperingkat yang memerlukan kawalan dilaksanakan lebih awal untuk tangki yang lebih besar:

Dilaksanakan menggunakan fasa berikut dalam jadual (kecuali kes yang dinyatakan dalam seksyen 3.4.6, 1(ii)).

a. Tangki dengan VOC >12 tpy dikawal dalam tempoh satu tahun pelaksanaan garis panduan sekarang.

a. Tangki dengan VOC 6- 12 tpy dikawal dalam tempoh dua tahun pelaksanaan garis panduan sekarang.

c. Tangki dengan VOC 2-6 tpy dikawal dalam tempoh tiga tahun pelaksanaan garis panduan sekarang.⁷⁶

Seterusnya, peraturan ini membenarkan pengendali mendapatkan pengecualian sekiranya penggunaan peralatan kawalan pencemaran udara “tidak dapat dilaksanakan secara teknikal tanpa bahan api tambahan”:

ii. Pemilik atau pengendali tangki simpanan yang penggunaan peralatan kawalan pencemaran udara secara teknikalnya tidak dapat dilaksanakan tanpa bahan api tambahan boleh memohon kepada NUPRC untuk mendapatkan pengecualian daripada syarat kawalan Seksyen 3.4.6, 1(i). Permintaan tersebut hendaklah termasuk dokumentasi yang menunjukkan peralatan kawalan pencemaran udara tidak dapat dilaksanakan. Pengecualian ini tidak melepaskan pemilik atau pengendali daripada mematuhi keperluan pemantauan tangki simpanan.⁷⁷

Pengecualian ini adalah untuk keadaan di mana peraturan itu akan membebankan syarikat disebabkan oleh keperluan untuk mengangkut bahan api tambahan bagi mengendalikan peralatan kawalan pencemaran. Sebuah syarikat mesti secara khusus meminta pengecualian dan menyerahkan dokumentasi sokongan. Seksyen 2.iii memperuntukkan bahawa pengendali mesti menjalankan ujian tahunan ke atas tangki yang dikecualikan untuk menilai sama ada pengecualian itu masih wajar (lihat di bawah).

Pengawasan. Peraturan Nigeria termasuk keperluan pengawasan khusus untuk peranti kawalan tangki. Keperluan ini memerlukan tangki simpanan dan sistem pengumpulan wap yang berkaitan dimasukkan dalam aktiviti seperti tinjauan audio, visual dan olfaktori (AVO) dan dalam program LDAR berinstrumen:

2. Pengawasan

- i. Memerlukan sekurang-kurangnya pemeriksaan visual dan AVO setiap suku tahun ke atas tangki simpanan bumbung terapung dan bumbung tetap dengan pelepasan lebih daripada 2 tpy (tan setahun) dan peranti kawalan untuk memastikan pelepasan dihalakan ke unit kawalan dan nyalaan beroperasi seperti yang direka.
- ii. Pantau bekas penyimpanan, titik akses, sistem pengumpulan wap dan pembakar sebagai sebahagian daripada LDAR berinstrumen.
- iii. Semua tangki (dengan pelepasan >2tpy) yang tidak menggunakan sistem pengumpulan wap hendaklah menjalankan ujian analisis kilat tahunan untuk tangki ini untuk menganggarkan pelepasan gas metana tahunan daripada tangki dan menilai sama ada pengecualian dalam Seksyen 3.4.6, 1(ii) kekal wajar.⁷⁸

Pelaporan, pensijilan dan pengauditan. Peraturan tangki simpanan cecair memerlukan pengendali menyerahkan laporan tahunan yang menunjukkan pematuhan. Walau bagaimanapun, syarat penyimpanan rekod secara perbandingannya adalah terhad, dengan hanya rekod yang diperlukan untuk pemeriksaan visual dan AVO suku tahunan sahaja.

Pengawal Pneumatik

Seksyen 3.4.1 dalam peraturan Nigeria menetapkan syarat penggantian peranti penjujuhan tinggi dengan peranti penjujuhan rendah atau penjujuhan sifar, mereka bentuk naik taraf peranti penjujuhan tinggi dan menambah baik amalan penyelenggaraan. Langkah-langkah ini boleh mengurangkan

pelepasan dan, dalam beberapa keadaan, dengan tempoh bayar balik yang singkat.

Peraturan ini melarang pengendali daripada menggunakan pengawal pneumatik dipacu gas asli yang melepaskan gas terus ke atmosfera untuk banyak kemudahan:

i. Syarat berikut terpakai untuk semua stesen pemampat dan loji pemprosesan. Selain itu, ia terpakai kepada kemudahan pengeluaran telaga dengan akses kepada pengendali grid elektrik dan semua kemudahan pengeluaran telaga baharu yang dibina selepas tarikh kuat kuasa peraturan ini:

Pengendali tidak boleh menggunakan pengawal pneumatik dipacu gas asli. Mereka sebaliknya hendaklah mereka bentuk naik taraf kemudahan dengan pengawal penjujuhan sifar, termasuk pengawal berkuasa elektrik atau udara instrumen atau pelepasan hendaklah dihalakan ke sistem pengumpulan wap yang menangkap pelepasan. Jika tangkapan pelepasan tidak boleh dilaksanakan, pengendali boleh menggunakan penyalaan.⁷⁹

Walaupun peraturan Nigeria memerlukan pengawal penjujuhan sifar, ia menyatakan bahawa pelepasan boleh dihalakan ke sistem pengumpulan wap atau, sebagai pilihan terakhir, dinyalakan. Ini membolehkan pengawal dipacu gas asli untuk terus digunakan dalam beberapa kes tetapi gas asli akhirnya perlu ditangkap atau dikawal.

Liputan sumber. Peraturan Nigeria terpakai untuk semua stesen pemampat dan loji pemprosesan. Ia hanya terpakai kepada pembinaan baharu dan stesen dan loji yang mempunyai akses grid elektrik sedia ada untuk kemudahan pengeluaran telaga. Untuk kemudahan pengeluaran telaga sedia ada tanpa akses grid, peraturan ini menyediakan tempoh penyesuaian 5 tahun:

ii. Perkara berikut terpakai untuk kemudahan pengeluaran telaga yang tidak mempunyai akses kepada pengendali grid elektrik:

Tempoh penyesuaian 5 tahun:

a. Dalam tempoh satu tahun pelaksanaan garis panduan semasa,

pengendali hendaklah memastikan bahawa 25 peratus daripada pengawal pneumatik ini adalah pengawal penjujuhan sifar (seperti yang ditakrifkan pada bahagian sebelumnya), dan selebihnya adalah penjujuhan rendah (iaitu, melepaskan kurang daripada 0.17 meter padu standard sejam gas asli).

b. Dalam tempoh dua tahun pelaksanaan garis panduan semasa, pengendali hendaklah memastikan bahawa 65 peratus daripada pengawal pneumatik ini adalah pengawal penjujuhan sifar (seperti yang ditakrifkan pada bahagian sebelumnya), dan selebihnya adalah penjujuhan rendah (iaitu, melepaskan kurang daripada 0.17 meter padu standard sejam gas asli).

c. Dalam tempoh tiga tahun pelaksanaan garis panduan semasa, pengendali hendaklah memastikan bahawa 75 peratus daripada pengawal pneumatik ini adalah pengawal penjujuhan sifar (seperti yang ditakrifkan pada bahagian sebelumnya), dan selebihnya adalah penjujuhan rendah (iaitu, melepaskan kurang daripada 0.17 meter padu standard sejam gas asli).

d. Dalam tempoh empat tahun pelaksanaan garis panduan semasa, pengendali hendaklah memastikan bahawa 85 peratus daripada pengawal pneumatik ini adalah pengawal penjujuhan sifar (seperti yang ditakrifkan pada bahagian sebelumnya), dan selebihnya adalah penjujuhan rendah (iaitu, melepaskan kurang daripada 0.17 meter padu standard sejam gas asli).

e. Dalam tempoh lima tahun pelaksanaan garis panduan semasa, pengendali hendaklah memastikan bahawa semua pengawal pneumatik adalah pengawal penjujuhan sifar (seperti yang ditakrifkan pada bahagian sebelumnya).⁸⁰

Keperluan untuk menggunakan peranti penjujuhan sifar meningkat dengan cepat daripada 25 peratus kepada 65 peratus hanya dalam masa dua tahun dan kemudian menghampiri 100 peratus dalam tempoh tiga tahun akan datang. Sebagai sokongan, pelepasan daripada pengawal pneumatik yang tidak digantikan dengan peranti penjujuhan sifar dihadkan kepada kurang daripada 0.17 meter padu standard sejam. Peruntukan ini beroperasi sebagai **standard prestasi** kerana

ia tidak memerlukan jenis atau model pengawal tertentu dan menyerahkannya kepada pengendali untuk memilih mana-mana pengawal yang memenuhi standard prestasi.

Pengawasan. Peraturan negara Nigeria untuk pengawal pneumatik memerlukan ujian tahunan dan pemeriksaan yang kerap:

2. Pengawasan

i. *Selagi pengendali mempunyai pengawal pneumatik dipacu gas di tapak, ia hendaklah diuji setiap tahun menggunakan kaedah pengukuran langsung (persampelan isipadu tinggi, penyarungan, alat pengukur aliran yang ditentukur), dan pengendali hendaklah membaiki sebarang peranti dengan kadar aliran pelepasan terukur melebihi 0.17 meter padu standard sejam dalam tempoh 14 hari dari tarikh kebocoran dikesan.*

ii. *Mana-mana pengawal terputus-putus dipacu gas yang melepaskan ke atmosfera hendaklah diawasi dengan instrumen semasa sebarang pemeriksaan dijalankan. Ini adalah menurut keperluan Seksyen 3.2 untuk memastikan tiada pelepasan berlaku antara penggerakan. Jika pelepasan berlaku di antara penggerakan, pengawal hendaklah dibaiki atau diganti dalam masa 30 hari.⁸¹*

Untuk peranti penjujuhan rendah, peraturan Nigeria memerlukan ujian tahunan menggunakan pengukuran langsung untuk menentukan sama ada aliran melebihi ambang. Peraturan seterusnya memerlukan pengendali membuat pembaikan segera jika itu dikesan.

Pelaporan, pensijilan dan pengauditan. Peraturan ini memerlukan setiap pengendali menyimpan rekod kadar penjujuhan atau jenis pengawal pneumatik selama sekurang-kurangnya lima tahun dan mengemukakan laporan tahunan setiap tahun yang menunjukkan pematuhan. Ini membolehkan pihak berkuasa Nigeria menjelaki pematuhan pengendali dengan menyemak laporan tahunan.

8. Inventori

Ringkasan Penting

- Inventori pelepasan adalah penting untuk memahami magnitud relatif sumber pelepasan yang berbeza.
- Pembangunan inventori pelepasan biasanya berbeza daripada aktiviti yang memantau pelepasan, walaupun terdapat usaha baru-baru ini untuk merapatkan kedua-dua jenis data ini.
- Inventori awal mungkin disusun menggunakan pengiraan berasaskan faktor pelepasan (menggandakan aktiviti dengan faktor pelepasan) tanpa mengukur pelepasan sebenar. Langkah ini paling sesuai untuk pengawal selia yang mula-mula membina inventori pelepasan gas metana.
- Terdapat hasrat untuk bergerak ke arah inventori gas metana berdasarkan pengukuran, yang boleh merangkumi maklumat pengawasan tambahan daripada sumber seperti satelit dan pesawat untuk menambah baik anggaran pelepasan gas metana.
- Banyak sumber percuma tersedia untuk membantu negara dalam membangunkan inventori mereka dan program pemantauan, pelaporan dan pengesahan yang berkaitan.

Kerajaan membangunkan inventori pelepasan gas rumah hijau (greenhouse gas, GHG) peringkat negara untuk mengesan dan melaporkan pelepasan GHG, termasuk gas metana, sebagai sebahagian daripada proses Proses Konvensyen Rangka Kerja Perubahan Iklim (UNFCCC). Garis panduan pelaporan UNFCCC memerlukan penggunaan bimbingan kaedah daripada Panel Perubahan Iklim Antara Kerajaan. Pelepasan gas metana daripada sektor minyak dan gas secara amnya berdasarkan faktor pelepasan. Panel Perubahan Iklim Antara Kerajaan (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) menerangkan peringkat amalan pelaporan. Hierarki kaedah berperingkat IPCC termasuk kaedah anggaran yang lebih mudah berdasarkan pengeluaran atau daya pemprosesan yang digunakan pada kadar pelepasan serantau atau global bagi setiap unit pengeluaran atau pemprosesan (Peringkat 1) hingga

kaedah berperingkat lebih tinggi yang menggunakan maklumat khusus negara, termasuk penggunaan data atau model khusus negara atau kemudahan (Peringkat 2 atau 3). Bagi sesetengah negara, berpindah ke peringkat yang lebih tinggi memerlukan pengumpulan data tambahan untuk membangunkan anggaran pelepasan yang lebih terperinci. Data tambahan ini akan melibatkan maklumat yang juga berguna untuk mengenal pasti peluang pengurangan pelepasan dan membantu menjelaki pengurangan pelepasan daripada projek yang telah siap. Akhir sekali, kemasukan anggaran yang kukuh untuk sektor ini dalam inventori gas rumah hijau nasional akan membantu negara memasukkan pengurangan gas metana daripada dasar sebagai ke arah memenuhi sumbangan khusus mereka bagi negara di bawah Perjanjian Paris.

Inventori Pelepasan berbanding Pengawasan

Dari segi sejarah, sektor dengan pelepasan yang tersebar, termasuk pertanian, pengurusan sisa, dan minyak dan gas, telah membangunkan inventori pelepasan menggunakan data aktiviti dan faktor pelepasan standard. Faktor pelepasan menganggarkan purata pelepasan untuk aktiviti atau peralatan (iaitu, kilogram gas metana sejam bagi setiap peranti pneumatik) dan secara amnya telah dibangunkan daripada kajian akademik atau kempen pengukuran lapangan.

Baru-baru ini, kajian saintifik daripada kaedah anggaran atas ke bawah, seperti menggunakan ukuran daripada pesawat, telah mengira tahap pelepasan yang lebih tinggi berbanding anggaran daripada faktor pelepasan. Mengesan pelepasan daripada pelepas super – kebarangkalian yang lebih rendah tetapi peristiwa magnitud pelepasan tinggi – mungkin menyumbang bagi sesetengah perbezaan.

Teknologi untuk memantau pelepasan gas metana daripada

operasi minyak dan gas semakin banyak digunakan, selalunya sebagai sebahagian daripada program LDAR. Teknologi ini biasanya bukan kuantitatif – hanya menentukan sama ada terdapat kebocoran tanpa mengukur jumlah pelepasan. Walaupun teknologi berkembang, kebanyakannya aktiviti pembangunan inventori pelepasan kekal berbeza daripada aktiviti pengawasan. Trend untuk menyelaraskan pemerhatian pengawasan dan aktiviti pembangunan inventori pelepasan menjadi semakin meningkat. Untuk menambah baik kegunaan data yang dipantau daripada kajian atas ke bawah, dan penggunaannya untuk mengenal pasti bidang penambahbaikan dalam inventori pelepasan, penglibatan pada peringkat awal penting untuk memastikan reka bentuk dan skop kerja sejajar, dan untuk memastikan analisis perbandingan jika berkenaan.

Data yang Diperlukan untuk Inventori Pelepasan

Kebanyakannya maklumat yang diperlukan untuk membangunkan inventori pelepasan memerlukan input data utama daripada pengendali. Inventori nasional menyusun pelepasan jangkaan yang dilaporkan pengendali atau pada tahap aset, kadangkala ditambah dengan anggaran atau ukuran. Sebagai contoh, Program Pelaporan Gas Rumah Hijau A.S. umumnya mempunyai ambang pelaporan sebanyak 25,000 tan pelepasan setara CO₂ setahun. Inventori Pelepasan dan Sinki Gas Rumah Hijau A.S. menggunakan beberapa sumber data untuk mengukur pelepasan dan sinki negara, termasuk maklumat yang dilaporkan kepada GHGRP, kajian penyelidikan dan statistik negara.

Inventori selalunya disusun daripada anggaran yang dihasilkan dengan menggabungkan faktor pelepasan dengan data aktiviti. Faktor pelepasan menganggarkan purata pelepasan untuk aktiviti atau peralatan (iaitu, kilogram gas metana sejam bagi

setiap peranti pneumatik) berdasarkan kajian atau kempen pengukuran lapangan. Data aktiviti boleh memasukkan jumlah peralatan (iaitu, bilangan peranti pneumatik) atau menjelaskan data sampingan seperti penggunaan bahan api. Pendekatan berasaskan faktor pelepasan bertujuan untuk meliputi purata pelepasan ke atas pelbagai aset, dan dengan itu, ia mungkin tidak sepadan dengan pelepasan mana-mana satu tapak. Dalam sesetengah kes, anggaran kejuruteraan untuk sumber tertentu mungkin menambah anggaran berasaskan faktor pelepasan.

Satu kritikan terhadap inventori gas metana yang hanya bergantung pada faktor pelepasan ialah ia boleh terlepas maklumat tentang pelepas super, sama ada berpunca daripada keadaan proses dan operasi biasa (seperti penyelenggaraan atau pemunggahan) atau peristiwa tidak dirancang (seperti saluran paip pecah, kegagalan peralatan).

Hari ini kerajaan dan pengendali yang mahu menambah baik maklumat pelepasan gas metana berusaha untuk beralih daripada faktor mudah (iaitu, berdasarkan pengeluaran atau daya pemprosesan) kepada faktor pelepasan khusus sumber dan ke arah pelaporan bermaklumat pengukuran yang menggunakan sumber maklumat tambahan seperti pengawasan pelepasan berterusan atau tinjauan aerial atau satelit secara berkala.

Inventori Telaga yang Dipalam dan Ditinggalkan

Amalan terbaik inventori IPCC termasuk anggaran peringkat negara untuk telaga sedia ada yang tidak digunakan, biasanya berdasarkan faktor pelepasan. Telaga yang tidak digunakan boleh melepaskan sejumlah besar gas metana dan bahan-bahan lain.⁸² Pelepasan boleh dianggarkan menggunakan faktor pelepasan dan kiraan telaga yang dipalam dan tidak dipalam. Apabila dipalamkan dengan betul, telaga ini melibatkan

sebahagian kecil daripada pelepasan berbanding dengan sumber pelepasan daripada operasi aktif.

Telaga terbiar ialah perigi tidak dipalam yang tidak mempunyai pemilik bertanggungjawab dalam fail. Beban kewangan untuk memalam telaga ini diserahkan kepada kerajaan dan orang ramai. Untuk mengelakkan telaga daripada menjadi terbiar, pengendali boleh dikehendaki menyediakan jaminan wang pendahuluan dalam bentuk bon yang mencukupi untuk menampung kos penutupan telaga. Memiliki aplikasi pemindahan aset yang mantap untuk mengesan pemilikan dan tanggungjawab juga membantu mengelakkan telaga terbiar. Pilihan dasar lain ialah membiayai agensi untuk memalam, menutup dan menebus guna tanah yang dikaitkan dengan telaga terbiar sebagai sebahagian daripada strategi mengurangkan gas metana.⁸³

Pertimbangan Reka Bentuk untuk Membangunkan Program Pelaporan dan Inventori Pelepasan

Program pelaporan peringkat kemudahan atau pengendali yang direka dengan baik boleh berfungsi sebagai input utama kepada pembangunan inventori pelepasan peringkat kebangsaan dan untuk analisis mitigasi.

Skop pelaporan. Titik keputusan utama ialah pelepasan GHG apa yang perlu disertakan dalam program pelaporan peringkat kemudahan atau pengendali, dan seterusnya dalam inventori pelepasan. Walaupun sumber pelepasan gas karbon dioksida dan gas metana berbeza, adalah berguna untuk memasukkan kedua-duanya dalam program pelaporan minyak dan gas.

Keputusan penting yang kedua ialah menggunakan syarat pelaporan yang sama kepada semua pengendali. Sesetengah kerajaan telah mengecualikan pengendali yang lebih kecil disebabkan oleh kos untuk mengumpul dan melaporkan data yang diperlukan. Sungguhpun pengendali kecil, ini tidak bermakna pelepasan mereka berkadar lebih kecil berbanding pengendali besar, terutamanya kerana pengendali kecil mungkin tidak mempunyai dana yang besar untuk tindakan mitigasi.

Keperluan untuk menggunakan kaedah khusus. Apabila membangunkan program pelaporan buat kali pertama, titik keputusan utama ialah sama ada semua pelapor perlu menggunakan kaedah yang sama untuk setiap sumber yang dikenal pasti. Penyeragaman akan membolehkan perbandingan yang lebih sama antara pengendali yang berbeza di sesbuah negara. Ia akan menyediakan kaedah yang lebih jelas untuk pelaporan, tetapi apabila terdapat piawaian yang bersaing, ia

juga boleh mengenakan kos tambahan, terutamanya kepada pengendali antarabangsa.

Ketelusan data inventori. Walaupun data pelepasan GHG peringkat negara biasanya didedahkan kepada umum sebagai sebahagian daripada proses pelaporan UNFCCC, tidak semua negara mengeluarkan data secara terbuka untuk syarikat atau aset individu. Maklumat ini boleh menjadi berharga untuk menanda aras sumber pelepasan dan prestasi antara pengendali, dan banyak pihak berkepentingan telah meminta ketersediaan maklumat ini secara meluas untuk orang ramai. Amerika Syarikat, sebagai contoh, menjadikan kebanyakan data peringkat kemudahan tersedia secara terbuka.⁸⁴ Contoh lain ialah Pihak Berkuasa Peralihan Laut Utara (North Sea Transition Authority, NSTA) di United Kingdom, yang telah membangunkan laporan pemantauan pelepasan dan papan pemuka yang disediakan secara terbuka di laman webnya.⁸⁵ Walaupun ia menyediakan aliran pelepasan GHG dan penanda aras untuk pengeluaran negara, ia hanya menyediakan data yang hanya separa dipecahkan berdasarkan jenis dan kumpulan umur infrastruktur, bukan oleh pengendali individu.

Kemasukan data tambahan. Dalam sesetengah keadaan, mengumpul data dan maklumat tambahan program pelaporan peringkat kemudahan atau pengendali mungkin berguna untuk menanda aras prestasi merentas pengendali dan memahami peluang untuk mengurangkan lagi gas metana. Sebagai contoh, pengiraan telaga, data pengeluaran atau daya pemprosesan serta maklumat tentang jenis aset mungkin berguna untuk memahami prestasi relatif aset yang berbeza dan mengapa pelepasan mungkin lebih besar atau lebih kecil untuk sesetengah pengendali.

Pengesahan data oleh pihak ketiga. Sesetengah bidang kuasa memerlukan penyediaan perkhidmatan pihak ketiga untuk mengesahkan maklumat pelepasan yang dilaporkan. Kadangkala pengawal selia menyediakan latihan atau pensijilan untuk pengesahan dan mewajibkan keperluan latihan atau kelayakan mereka. Pengesahan pihak ketiga boleh meningkatkan kos

membangunkan inventori GHG, terutamanya di lokasi di mana individu terlatih masih belum ada, dan boleh memerlukan masa tambahan untuk kitaran pelaporan pelepasan.

Pensijilan pihak ketiga tidak boleh dikelirukan dengan pembangunan inventori pelepasan oleh pihak ketiga, seperti pembangunan inventori awal oleh perunding. Sesetengah pilihan dasar, seperti pasaran karbon atau program imbangan, memerlukan pengesahan data pihak ketiga.

Faktor penyumbang kepada ketidakpastian. Kualiti inventori, faktor pelepasan dan teknologi semuanya menyumbang kepada ketidakpastian. Bagi bidang kuasa di mana pelaporan gas metana adalah matang, terdapat jangkaan bahawa kaedah dan teknologi akan terus berkembang dengan kemunculan maklumat baru.

Sumber Tersedia untuk Menyokong Pembangunan Inventori

Banyak kerajaan dan NGO yang menawarkan sumber atau perkhidmatan untuk mewujudkan inventori pelepasan gas metana bagi menyokong program mengurangkan pelepasan gas metana kerajaan, termasuk:

Gabungan Iklim dan Udara Bersih (Climate and Clean Air Coalition, CCAC)	→ CCAC menasihati kerajaan secara langsung dalam membangunkan inventori gas metana dan Pelan Tindakan Metana. ⁸⁶ CCAC “bersedia untuk bersemuka dengan negara-negara untuk membincangkan keutamaan dan keperluan serta membantu membangunkan strategi pengurangan gas metana yang paling cekap.”
Penilaian (Framework Convention on Climate Change, UNFCCC).	<ul style="list-style-type: none"> → Melaporkan garis panduan untuk negara-negara dalam menyusun dan menyerahkan maklumat GHG negara mereka, termasuk analisis tentang sektor utama. → Pelepasan fugitif dalam konteks UNFCCC termasuk pelepasan penyalaan, pelepasan gas dan fugitif, seperti yang diterangkan dalam buku panduan ini.
Panel Perubahan Iklim Antara Kerajaan (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)	<ul style="list-style-type: none"> → Rangka kerja kaedah dan bimbingan untuk menganggar pelepasan GHG negara. → Di bawah Jilid 2 tentang Tenaga, Penambahbaikan tahun 2019 kepada Garis Panduan IPCC tahun 2006 untuk Inventori GHG Rumah Hijau Negara merangkumi bab tentang menganggarkan pelepasan fugitif merentasi pelbagai sektor, termasuk sistem minyak dan gas.
Pasukan Petugas Udara Bersih (Clean Air Task Force, CATF)	<ul style="list-style-type: none"> → Alat Pengurangan Gas Metana Negara⁸⁷ boleh membantu negara mengenal pasti peluang pengurangan gas metana menggunakan pelbagai tahap maklumat yang tersedia, daripada peluang generik yang biasanya wujud hingga cadangan yang lebih terperinci apabila maklumat yang lebih khusus tersedia.

<p>Agenzi Perlindungan Alam Sekitar A.S. (Environmental Protection Agency, EPA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Program Pelaporan Gas Rumah Hijau A.S. (Greenhouse Gas Reporting Program, GHGRP)⁸⁸ mempunyai kaedah yang ditakrifkan secara kawal selia dan borang pelaporan yang tersedia untuk umum⁸⁹ bagi mengira gas metana dan gas karbon dioksida untuk kemudahan minyak dan gas. → Ini termasuk kaedah tersuai dan pendekatan pengiraan untuk sumber darat, luar pesisir, tengah dan hiliran dalam rantaian nilai. → EPA A.S. telah membuat kemas kini berkala untuk kaedah dalam sektor ini. Ini boleh memanfaatkan sesetengah negara dalam mengikuti faktor dan kaedah pelepasan terkini atau cabaran jika negara mengikat peraturan mereka kepada kaedah yang berubah di mana mereka tidak mempunyai kawalan.
<p>Indeks Iklim Minyak serta Gas (Institut Rocky Mountain)</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Model yang dibangunkan oleh pakar terkemuka di Institut Rocky Mountain, alat ini “mendedahkan saiz, skop dan ciri masalah gas metana dengan mengukur dan membandingkan pelepasan gas rumah hijau daripada lebih dua pertiga bekalan minyak dan gas dunia.”
<p>Perkongsian Metana Minyak dan Gas 2.0 (OGMP 2.0) ⁹⁰:</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Menawarkan pendekatan anggaran pelepasan khusus sumber yang meliputi faktor pelepasan (ditakrifkan sebagai Peringkat 3 di bawah program), pengiraan kejuruteraan yang lebih terperinci atau ukuran khusus sumber (Peringkat 4 di bawah program), dan penyesuaian dengan maklumat yang diperoleh dari lapangan (Peringkat 5 di bawah program). → Program ini diletakkan di bawah UNEP dan termasuk semakan data yang dikemukakan oleh kontraktor UNEP untuk syarikat yang mendaftar dengan program. → Elemen positif program ini termasuk penyertaan global, penyeragaman, dan pembelajaran daripada pihak lain tentang pelaporan yang lebih baik.

**Perkongsian
Metana Minyak
dan Gas 2.0 (Oil
and Gas Methane
Partnership 2.0,
OGMP 2.0)⁹¹**

- Dari perspektif negara, pergantungan pada proses penuh OGMP 2.0 mungkin mempunyai kelemahan berhubung jumlah data yang akhirnya tersedia kepada pengawal selia (pada masa ini, hanya jumlah maklumat global peringkat syarikat dikeluarkan dan data peringkat aset dianggap sebagai proprietari) dan kesesuaian masa peruntukan data, yang dijangka sekurang-kurangnya sembilan bulan selepas penyediaan data.
- OGMP 2.0 merancang untuk membuat kemas kini berkala untuk kaedah dalam sektor ini. Ini boleh memanfaatkan sesetengah negara dalam mengikuti faktor dan kaedah pelepasan terkini atau cabaran jika negara mengikat peraturan mereka kepada kaedah yang berubah di mana mereka tidak mempunyai kawalan.
- Bagi NOC dan syarikat multinasional, penggunaan OGMP 2.0 boleh memberikan sama ada peluang kecekapan bagi mereka yang sudah melaporkan di bawah program ini atau cabaran pematuhan bagi pengendali yang masih belum mendaftar.

Had Karbon	<ul style="list-style-type: none"> → Alat dalam talian dan sistem storan data yang dikenali sebagai MIST⁹² menyediakan arahan langkah demi langkah untuk membangunkan inventori pelepasan gas metana dengan tahap maklumat yang berbeza yang tersedia. → Pada masa ini, alat dibina untuk 28 sumber gas metana di bahagian huluan industri minyak dan gas berdasarkan sumber pembiayaan kedermawanan dan sokongan kewangan industri melalui Inisiatif Iklim Minyak dan Gas (OGCI) dan Prinsip Bimbingan Gas Metana (Methane Guiding Principles, MGP). → Alat ini percuma buat masa ini untuk pengendali membangunkan inventori pelepasan mereka dan mungkin merupakan titik permulaan yang baik untuk negara yang tidak mempunyai alat inventori pelepasan semasa. → Seperti mana-mana alat perisian bukan komersial, mungkin terdapat kelemahan berkaitan kekurangan kawalan jangka panjang ke atas sistem rekod untuk maklumat GHG dan model pembiayaan jangka panjang untuk produk dan perkhidmatan.
Institut Petroleum Amerika (American Petroleum Institute, API)	<ul style="list-style-type: none"> → Kompendium Kaedah Pelepasan GHG daripada Industri Minyak dan Gas⁹³ yang merangkumi sumber berpotensi dan kaedah anggaran yang ada. → Boleh menyokong kaedah lain, terutamanya untuk sumber pelepasan unik yang tidak dinyatakan dengan jelas dalam program lain.
MiQ	<ul style="list-style-type: none"> → Menyediakan rangka kerja bebas untuk menilai pelepasan gas metana daripada pengeluaran gas asli, untuk pensijilan. → Merupakan sumber piawaian teknikal untuk setiap segmen dalam rantaian bekalan gas asli.

Teknologi untuk Pengawasan

Evolusi teknologi pemantauan untuk mengesan dan mengukur pelepasan gas metana akan dibincangkan secara meluas dalam *Bab 9: Pengawasan*. Lama-kelamaan, evolusi teknologi ini mungkin membenarkan pilihan tambahan kepada agensi kawal selia untuk menjelak dan mengesahkan pelepasan gas metana daripada industri minyak dan gas dan menyediakan maklumat kepada pengendali untuk menyokong pengurangan pelepasan yang lebih besar.

Kos dan faedah bagi pilihan yang digariskan dalam *Rajah 8.1* akan berbeza-beza. Campur tangan kos rendah seperti penggunaan data satelit yang tersedia untuk umum boleh membentuk garis dasar program sedemikian dalam jangka masa terdekat. Pilihan tambahan kadangkala memerlukan perbelanjaan sumber kerajaan untuk mengikat kontrak dengan penyedia teknologi pihak ketiga bagi perkhidmatan pengawasan udara atau mudah alih atau untuk memasang rangkaian pengawasan tetap berhampiran kemudahan penting. Pendekatan ini tidak saling eksklusif, dan program berasaskan satelit boleh memberikan elemen tambahan seperti pemantauan udara, mudah alih atau secara berterusan apabila program sedemikian matang.

Mengawasi Kontinum



Rajah 8.1: Alat pengawasan gas metana jarak jauh:

9. Pengawasan

Ringkasan Penting

- Teknologi pemantauan banyak yang tersedia di pasaran hari ini, dan yang baharu sedang dibangunkan. Walau bagaimanapun, semua teknologi ini mempunyai had dan kes penggunaan optimum yang berbeza.
- Kebanyakan peraturan mengesan dan membaiki kebocoran yang ada sekarang menggunakan pendekatan preskriptif berdasarkan teknologi pengawasan instrumen.
- Peraturan hari ini boleh merangkumi keperluan yang menambah baik data dan pelaporan, yang boleh menjadi asas untuk masa hadapan.
- Kerajaan boleh memanfaatkan sumber yang berbeza daripada organisasi antarabangsa dan pertubuhan bukan kerajaan untuk meningkatkan pengawasan — termasuk tinjauan udara sekali sahaja dan pengawasan satelit.

Teknologi Pengawasan Yang Tersedia

Program pengawasan memberikan gambaran tentang tempat dan sebab pelepasan mungkin berlaku dan cara mengelakkan atau mencegah pelepasan. Terdapat sejumlah besar teknologi untuk pengendali di pasaran hari ini, dan teknologi baharu sedang dikomersialkan dan dibangunkan. Teknologi pemantauan yang paling matang melibatkan pengesahan peringkat sumber oleh instrumen, manakala teknologi baharu dan sedang muncul membolehkan pengesahan dari udara dan pengawasan secara berterusan. Program pengawasan yang paling berkesan menggabungkan berbilang teknologi untuk meningkatkan pengesahan kebocoran dan sumbangan sumber.



Rajah 9.1: Konsep sistem pemerhatian gas metana bertingkat.⁹⁴

Instrumen pengesan paling lazim. Program pengesan dan pemberian kebocoran tradisional dalam sektor minyak dan gas biasanya berdasarkan pengimejan gas optik (OGI) atau penggunaan tinjauan penghidu Kaedah 21 EPA. OGI melibatkan pengendali terlatih dengan kamera inframerah yang memerhati potensi titik bocor, seperti injap atau bebibir dalam kemudahan, untuk menentukan sama ada terdapat kebocoran. Tinjauan penghidu Kaedah 21 EPA melibatkan pengendali mengambil bacaan pengesan pada setiap antara muka yang berpotensi bocor. Bacaan yang melebihi ambang tertentu, seperti 500 ppm, akan menandakan kebocoran. Kedua-dua OGI dan Kaedah 21 memerlukan tenaga buruh yang intensif dan juga latihan khusus untuk dilaksanakan.

Teknologi baru muncul dan termaju. Perkembangan terkini

telah menambah jenis teknologi yang tersedia untuk mengesan dan mengukur pelepasan metana. Antara teknologi canggih ini termasuk (1) pengesan yang boleh dipasang pada satelit, pesawat, dron atau kenderaan yang menyaring beberapa buah tapak untuk pelepasan gas metana dan (2) pengesan yang dipasang secara kekal di satu tapak untuk pengawasan kepekatan gas metana yang hampir berterusan. Terdapat faedah dan kekurangan untuk setiap jenis pendekatan. Sesetengah kaedah memerlukan aktiviti susulan oleh pengendali untuk mengenal pasti punca gas metana dikesan dan menetapkan langkah untuk pemberian.

Pengawasan dan pendigitalan proses yang berterusan. Walaupun masih dalam peringkat awal, menggabungkan pengesan pengawasan secara berterusan dengan pendigitalan sistem kawalan proses pengendali menjanjikan pengurangan pada masa hadapan. Menggabungkan data ini boleh menghubungkan data gas metana masa nyata dengan maklumat tentang aktiviti proses dan membantu mengenal pasti kejadian pelepasan yang berkaitan dengan kegagalan proses atau isu penyelenggaraan.⁹⁵

Pendekatan berperingkat. Menggabungkan beberapa jenis teknologi pemantauan yang berbeza – termasuk tinjauan instrumen biasa, tinjauan udara dan satelit, dan pemantauan berterusan – boleh meningkatkan keupayaan pengendali untuk mengesan, mengurangkan dan mencegah pelepasan. Teknologi yang berbeza berupaya mengesan pelbagai jenis pelepasan dengan cekap. Oleh itu, sistem pemantauan berperingkat memanfaatkan keupayaan pelbagai kaedah yang berbeza dan mengelakkan beberapa had individu bagi setiap teknologi.



Kajian Kes: Pemantauan Pelepasan Berskala melalui Pesawat

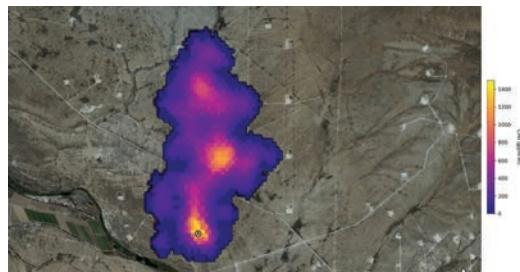
Di sesetengah negara, industri minyak dan gas mempunyai bilangan kemudahan yang banyak dan tersebar luas secara geografi. Pemeriksaan gas metana dari pesawat boleh menyaring kawasan pada skala ratusan atau ribuan tapak setiap hari dan semakin diterima pakai oleh pengendali. Terdapat perbezaan prestasi antara teknologi yang berbeza, dengan had pengesanan gas metana antara 3-50 kg/jam dan ketepatan geolokasi pada tahap peralatan hingga tahap tapak untuk pelepasan yang dikesan. Teknologi yang berada di pesawat membolehkan proses kenal pasti yang agak pantas bagi sumber pelepasan utama merentasi kawasan geografi yang luas. Walau bagaimanapun, terdapat keseimbangan dalam kalangan penyedia melibatkan bilangan tapak yang diliputi dan tahap pengesanan.

Vendor mungkin memerlukan sejumlah pelanggan utama untuk mewajarkan kos kempen pengawasan dan kebenaran daripada pihak berkuasa penerbangan yang berkaitan untuk membenarkan penerbangan di kawasan baharu. Di lapangan, pengendali selalunya perlu bersedia untuk membuat susulan terhadap pelepasan pengesanan dengan penyelesaian pengesahan seperti OGI atau maklumat operasi jenis lain untuk memahami sumber yang dikesan dan pilihan mitigasi yang ada.

Jadual 9.1: Mengesan sampel daripada teknologi pengawasan yang berbeza.

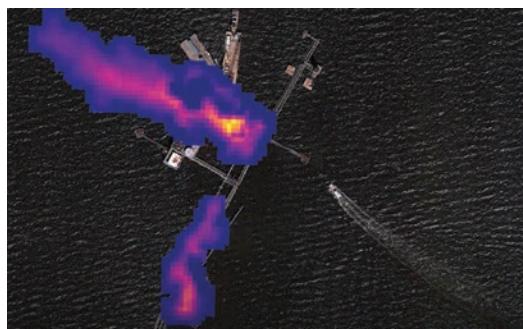
Pengawasan Berepisod

Satelit



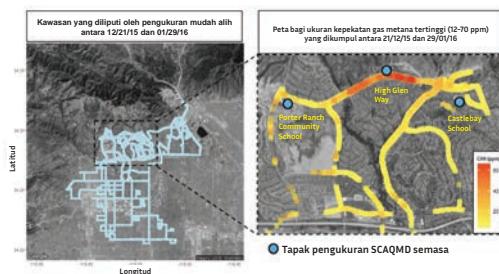
Sumber: NASA/JPL-CalTech

Udara



Sumber: Carbon Mapper

Mudah Alish



Sumber: Daerah Pengurusan Kualiti Udara Pantai Selatan, Negeri California⁹⁶

Pengawasan Berepisod

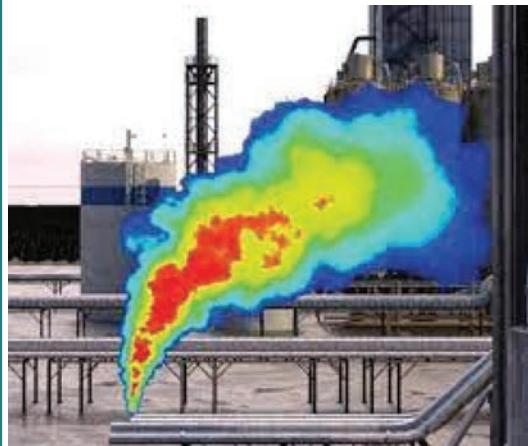
Kamera pegangan tangan



Sumber: U.S. EPA⁹⁷

Pengawasan Berterusan

Kamera Tetap



Sumber: Honeywell

Pengesan tetap



Sumber: Honeywell⁹⁸

Keperluan Pengawasan untuk Menyokong Rangka Kerja Kawal Selia

Seperti yang dibincangkan dengan lebih terperinci dalam *Bab 5: Mengesan dan Membaiki Kebocoran*, kebanyakan peraturan semasa untuk program LDAR telah menggunakan pendekatan preskriptif yang memerlukan pengawasan oleh instrumen, tetapi secara amnya ia tidak memerlukan pengukuran aktif. Sebagai contoh, LDAR memerlukan teknologi pengesan seperti kamera OGI atau Kaedah 21 EPA. Namun, ia secara amnya tidak memerlukan teknologi yang boleh mengukur saiz kebocoran yang dikesan.

Prestasi dan peraturan berdasarkan ekonomi biasanya memerlukan rejim pengukuran dan pelaporan yang mantap berdasarkan pengawasan dan pengukuran yang aktif. Walaupun langkah-langkah ekonomi secara amnya menjadi kelaziman dalam bidang alam sekitar, hanya beberapa sahaja yang meliputi gas metana. Akta Pengurangan Inflasi A.S.⁹⁹ tahun 2022 menetapkan caj pelepasan sisa gas metana ke atas pelepasan gas metana yang melebihi ambang keamatan pelepasan bagi segmen tertentu dalam sektor minyak dan gas. Terdapat juga contoh yang terhad tentang penggabungan gas metana ke dalam skim harga GHG. Negara Norway mengenakan cukai ke atas pelepasan gas CO₂ dan gas metana¹⁰⁰ terhadap pelepasan minyak dan gas luar pesisir. Projek pengurangan gas metana juga layak untuk kredit karbon dalam keadaan tertentu, termasuk dalam sistem had dan dagang California dan beberapa projek yang diperakui di bawah Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism, CDM) Protokol Kyoto.

Sesetengah peruntukan ekonomi atau prestasi adalah berdasarkan langkah proksi yang diandaikan berkait dengan pelepasan. Massachusetts mengeluarkan peraturan untuk mengurangkan pelepasan gas metana daripada saluran

pengagihan gas melalui keperluan prestasi bagi setiap syarikat, dengan pelepasan dianggarkan mengikut faktor pelepasan untuk bahan paip berbeza yang dinyatakan dalam undang-undang.¹⁰¹

Dengan peningkatan pesat teknologi, pengawal selia harus memikirkan sama ada langkah kawal selia pada hari ini memasukkan keperluan yang akan meningkatkan data dan pelaporan, seterusnya meletakkan asas untuk peraturan berasaskan ekonomi atau prestasi yang lebih cekap.¹⁰²

Pertimbangan Protokol Pengawasan, Pelaporan dan Pengesahan

Pengawasan, Pelaporan dan Pengesahan sering digabungkan bersama sebagai "MRV" tetapi masing-masing mempunyai makna yang tersendiri. Pengawasan ialah menghasilkan data dengan mengukur pelepasan. Pelaporan ialah penyebaran data tersebut. Manakala pengesahan pula ialah penilaian bebas terhadap data pelepasan tersebut. Inisiatif Metana Global menyediakan ringkasan yang sangat baik tentang MRV (yang mereka rujuk sebagai Pengukuran, Pelaporan dan Pengesahan), termasuk visual berikut:¹⁰³



Profil kos. Teknologi yang menyediakan penyaringan berkala untuk pelepasan cenderung mempunyai profil kos yang berbeza. Tinjauan OGI dan dron selalunya mempunyai komponen modal dan kos operasi yang perlu dibayar oleh pengendali. Pada masa yang sama, pilihan pesawat dan satelit komersial biasanya beroperasi berdasarkan yuran perkhidmatan mengikut tapak, dengan semua kos dimasukkan ke dalam yuran perkhidmatan. Teknologi yang boleh dipasang secara kekal tetapi menyediakan pengawasan hampir berterusan (cth. kamera) mungkin memerlukan pelaburan modal pendahuluan oleh syarikat.

Keberkesanan. Kekerapan pemeriksaan (tahunan, suku tahunan, dsb.) mempengaruhi potensi pengurangan pelepasan program LDAR. Tinjauan LDAR turut membantu terutamanya dalam mengesan pelepasan yang dikaitkan dengan peralatan yang rosak atau tidak berfungsi. Malah tinjauan pengesahan kebocoran yang kerap mungkin tidak menangkap pelepasan yang berkaitan dengan kegagalan proses. Walaupun teknologi ini tidak digunakan secara meluas, pengawasan yang berterusan mungkin lebih berkesan untuk mengesan kejadian pelepasan seperti ini.

Halangan kawal selia. Sesetengah negara telah mlarang penggunaan dron persendirian dan penggunaan imej satelit bukan kerajaan atau mewujudkan zon larangan terbang di kawasan infrastruktur penting. Undang-undang ini mungkin

menghalang teknologi tertentu daripada digunakan untuk mengesan pelepasan gas metana, mengehadkan bilangan pilihan pengesanan yang tersedia kepada pengendali dan menyekat penggunaan teknologi baharu.

Keperluan latihan. Sesetengah teknologi pemantauan memerlukan latihan khusus dan pengalaman untuk dikendalikan. Kajian telah menunjukkan bahawa pengalaman adalah penting untuk keupayaan juruteknik mengesan kebocoran semasa menjalankan kempen LDAR.¹⁰⁴

Kebebasan Pemeriksa. Sesetengah program LDAR membentarkan pengendali memilih antara kakitangan dalaman atau kontraktor pemeriksaan. Sesetengah pihak berkepentingan percaya bahawa pemeriksa bebas yang ditugaskan oleh pengendali mempunyai lebih insentif untuk mencari dan mendokumenkan kebocoran berbanding orang dalam yang menyedari tentang kos untuk pembaikan.

Sokongan yang Disediakan untuk Kerajaan

Banyak organisasi bersedia untuk menyokong kerajaan dalam mengesan dan menganggar tahap pelepasan menggunakan pelbagai pilihan teknologi.

Program Sains Gas Metana CCAC boleh menyediakan kajian sekali sahaja tentang kawasan minyak dan gas menggunakan tinjauan pesawat yang diselaraskan oleh Dana Pertahanan Alam Sekitar. Program ini biasanya memberikan gambaran tentang jumlah kadar pelepasan dalam sesuatu kawasan yang berkepentingan selama beberapa hari. Namun, ia mungkin tidak memberikan maklumat yang diperlukan untuk memahami mengapa pelepasan berbeza daripada yang dijangka.

Program Alam Sekitar Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (UNEP) menggunakan program Sistem Makluman dan Tindak

Balas Metana (MARS) untuk mengumpulkan dan menyemak pengesan gas metana yang besar daripada satelit awam sedia ada yang boleh mengesan pelepas super yang sangat besar. Teknologi satelit semasa boleh mengesan kawasan darat latitud pertengahan yang rata¹⁰⁵ dengan lebih baik berbanding aset luar pesisir atau berada di kawasan khatulistiwa atau kutub.

Misi satelit akan datang yang dibiayai oleh dermawan yang diketuai oleh Dana Pertahanan Alam Sekitar (MethaneSAT) dan Carbon Mapper boleh meningkatkan bilangan satelit sumber terbuka yang mengawasi pelepasan gas metana dari kawasan utama (menambah kekerapan pemerhatian) dan meningkatkan butiran ruang, had pengesan dan keupayaan untuk memantau aset luar pesisir. Data daripada satelit ini akan disiarkan secara terbuka di portal internet untuk digunakan oleh pihak berkepentingan yang berlainan.

Kajian Kes: Sistem Makluman dan Tindak Balas Gas Metana (MARS)

Balai Cerap Pelepasan Gas Metana Antarabangsa (IMEO) UNEP melancarkan Sistem Makluman dan Tindak Balas Metana (MARS), sistem global pertama yang menyediakan data yang boleh diambil tindakan dan telus tentang pelepasan gas metana daripada satelit dalam masa hampir nyata. MARS direka bentuk untuk mempercepatkan pengurangan pelepasan gas metana (termasuk menyokong Ikrar Gas Metana Global) dengan mengesan sumber pelepasan gas metana antropogen yang ketara menggunakan data satelit, memaklumkan pihak berkepentingan yang berkaitan, menilai dan mengurangkan peristiwa pelepasan individu dan menjelaki peristiwa, termasuk perkongsian data awam.

MARS memanfaatkan data satelit termaju untuk mengenal pasti peristiwa pelepasan utama dengan cepat, memberitahu dan melibatkan negara serta pengendali, menyokong usaha mitigasi dan menjelaki perkembangan dari semasa ke semasa. Ketika model operasi penuh sedang dibangunkan, pada masa buku ini ditulis, fasa awal MARS akan menumpukan pada mengesan dan mengaitkan peristiwa pelepasan tertentu dalam sektor tenaga dan kemudian mencari jalan untuk mengenal pasti dan memaklumkan pihak berkepentingan yang berkaitan di kalangan kontak kerajaan dan syarikat yang telah menyertai Perkongsian Metana Minyak dan Gas 2.0 (OGMP 2.0) IMEO. Negara boleh melantik titik kontak untuk menerima pemberitahuan daripada UNEP yang merangkumi maklumat yang berkaitan untuk membolehkan mitigasi dan diminta untuk berkongsi sebarang maklumat tentang tindakan yang diambil. Apabila beroperasi sepenuhnya, UNEP berhasrat untuk menjadikan data dan analisis pengesanan khusus melalui MARS dan maklum balas kerajaan dan pengendali tersedia secara umum antara 45 dan 75 hari selepas pelepasan dikesan. Impak muktamad program MARS mungkin bergantung pada pembiayaan yang tersedia untuk pengawasan satelit yang berterusan dan penyampaian maklumat yang boleh diambil tindakan untuk menguruskan pemberitahuan, penilaian dan mitigasi pelepas super.



Sumber yang Berguna

Balai Cerap Pelepasan Gas Metana Antarabangsa

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

Program PBB ini “memangkinkan pengumpulan, penyelarasan dan integrasi data pelepasan gas metana berdasarkan empirikal pada hampir masa sebenar untuk menyediakan ketelusan iklim yang belum pernah dicapai dan maklumat yang diperlukan untuk mengurangkan gas rumah hijau yang berkuasa ini.”

Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

Carbon Mapper ialah satu inisiatif bukan untung yang bekerjasama dengan negeri California dan Jet Propulsion Laboratory NASA, yang berfungsi untuk “menawarkan perkhidmatan mengesan kebocoran gas metana yang pantas kepada pengendali kemudahan dan pengawal selia” melalui teknologi penderiaan jauh. Mereka menyasarkan untuk melancarkan dua buah satelit pada tahun 2023 untuk menyediakan akses yang lebih luas kepada data ini.

MetanSAT

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

Inisiatif Dana Pertahanan Alam Sekitar ini merancang untuk melancarkan sebuah satelit pada awal tahun 2024. Mereka berjanji untuk mengenal pasti gumpalan gas metana yang besar “hampir di mana-mana sahaja di Bumi,” dengan menyatakan bahawa “menyekat pelepasan metana daripada minyak dan gas adalah satu-satunya cara paling cepat dan paling berkesan yang boleh dilakukan untuk memperlambangkan kadar pemanasan pada hari ini.”



Climate Trace

<https://climatetrace.org/>

Perkongsian ini menyediakan data terbuka yang disediakan secara percuma tentang pelepasan yang diketahui dan dianggarkan, termasuk gas metana. Ia memberikan bidang kuasa gambaran segera tetapi umum tentang profil pelepasan gas metana mereka.

NASA EMIT

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

Menggunakan instrumen yang dilekatkan pada Stesen Angkasa Antarabangsa, NASA memetakan gumpalan metana yang besar dengan liputan global yang terhad. Alat ini boleh mengenal pasti beberapa gumpalan dalam sesebuah bidang kuasa tetapi ia tidak menyeluruh atau kerap dikemas kini.

TROPOMI

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

TROPOMI ialah instrumen yang berada pada satelit Copernicus Sentinel-5 Precursor, yang ditauliahkan oleh Agenzi Angkasa Eropah. Instrumen ini menyediakan data tentang gas metana.

Alat Kesempurnaan Pelepasan Sumber Titik Satelit (Satellite Point Source Emissions Completeness Tool, SPECT) (Institut Rocky Mountain)

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

Alat SPECT direka untuk membantu pengguna membandingkan satelit untuk kesempurnaan berkaitan “mengenal pasti dan menjelaki pelepas super gas metana.”

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

Banyak teknologi baru muncul yang menawarkan pelbagai jenis pengesanan pelepasan. Beberapa sumber, termasuk GTI Energy,¹⁰⁶ kerjasama oleh para ahli IPICCA, OGCI dan IOGP¹⁰⁷, dan pengalaman khusus syarikat (seperti Chevron)¹⁰⁸ menyediakan maklumat tentang jenis teknologi yang tersedia dan kekurangan yang ada.

10. Memastikan Pematuhan

Ringkasan Penting

- Sistem pematuhan kawal selia untuk keperluan pengurangan gas metana boleh menyertakan penalti dan ganjaran.
- Sistem pematuhan kawal selia juga boleh merangkumi jenis struktur pemantauan, pelaporan dan akauntabiliti awam untuk menjadikan prestasi pengendali lebih dilaksanakan dengan sendiri supaya pengawal selia tidak perlu bergantung pada penguatkuasaan semata-mata.
- Oleh yang demikian, dalam mereka bentuk program pematuhan peraturan, pengawal selia akan mempunyai lebih banyak pilihan.
- Tindakan penguatkuasaan menggalakkan pematuhan dan kesaksamaan dengan memberikan tindakan penguatkuasaan yang boleh dipercayai untuk pelanggaran; program ketelusan yang dibina berdasarkan pengawasan dan pelaporan yang diperlukan juga memiliki fungsi yang sama.

Pendekatan tradisional untuk pematuhan kawal selia termasuklah penalti sebagai pencegah pelanggaran dan insentif sebagai ganjaran kepada mereka yang mematuhi keperluan kawal selia. Ganjaran dan paksaan adalah antara pendekatan yang boleh digunakan oleh pengawal selia dalam mereka bentuk dan melaksanakan program pematuhan.

Keberkesanan kedua-dua penalti dan insentif berkait rapat dengan kekuatan rejim penguatkuasaan yang mendasari peraturan. Jika penguatkuasaan adalah konsisten dan boleh diramal, pengendali akan cenderung untuk mengambil tindakan yang mengekalkan pematuhan dan mengelakkan tindakan yang mencetuskan pelanggaran. Jumlah sumber gas metana yang berpotensi juga boleh melebihi sumber penguatkuasaan yang ada. Oleh yang demikian, program pengurangan gas metana yang berkesan tidak seharusnya bergantung kepada penguatkuasaan semata-mata. Pengawal selia boleh menggalakkan pengendali untuk mengurangkan pelepasan melalui peraturan yang memerlukan pemantauan,

pelaporan elektronik, penggunaan keupayaan pemantauan pihak ketiga untuk mengenal pasti peristiwa pelepasan yang besar, akauntabiliti awam, penggunaan automasi jika boleh dan tiada peralatan yang rosak.

-  Membina kesedaran dan perlindungan pematuhan
-  Audit atau pensijilan pihak ketiga
-  Keperluan notis
-  Keperluan pelaporan dan penyimpanan rekod
-  Pengesahan pematuhan, cth. melalui pemeriksaan, pemeriksaan garisan pagar, penderiaan jauh
-  Penguatkuasaan terhadap pelanggaran

Rajah 10.1: Ikon mewakili aktiviti pematuhan pengurangan gas metana.

Menyampaikan Jangkaan

Aspek penting bagi rejim pematuhan yang berkesan ialah kejelasan dan keluasan jangkauan pengawal selia kepada peserta yang dikawal selia dalam pasaran.

Untuk lebih jelas, pengawal selia boleh menggunakan pendekatan berbilang peringkat di mana keperluan terperinci ditetapkan dalam peraturan, arahan operasi tentang pelaksanaan peraturan dikongsi melalui bimbingan dan penjelasan lanjut dikongsi melalui media, latihan dan pembelajaran rakan sebaya.

Keluasan kempen jangkauan pengawal selia perlu mencapai

bukan sahaja peserta utama dalam sektor minyak dan gas, seperti pengendali lapangan dan kemudahan tetapi juga peserta kritikal lain, seperti sub-kontraktor, perkhidmatan pengawasan, firma pengaudit dan perakaunan, dll. Menerusi pemahaman yang luas tentang keperluan kawal selia di seluruh industri, bersama-sama dengan peraturan yang memaksa mereka yang berprestasi buruk menghadapi penelitian dan akauntabiliti awam, pengawal selia boleh mewujudkan budaya pematuhan yang mengukuhkan diri di mana peserta menggalakkan satu sama lain untuk bertindak secara wajar.

Mengesahkan Pematuhan

Mengesan pelanggaran menjadi komponen kritikal sistem jaminan pematuhan yang berkesan. Selain penguatkuasaan, peraturan boleh mewujudkan kriteria kawal selia kendiri untuk syarikat. Peraturan mengurangkan gas metana juga mungkin memasukkan satu proses untuk penyertaan awam. Walau bagaimanapun, terdapat pilihan dalam menentukan peranan sama ada kerajaan persekutuan, kerajaan wilayah/tempatan atau entiti swasta subkontrak yang menjalankan pengawasan. Kuasa yang jelas untuk aktiviti sedemikian boleh memberikan lebih kepastian dan mengurangkan risiko litigasi.

Menggalakkan Pengaturan Sendiri

Walaupun ia mungkin kelihatan berlawanan dengan intuisi, pengalaman dalam banyak pasaran di seluruh dunia telah menunjukkan bahawa syarikat mungkin bertindak balas secara positif terhadap insentif yang menggalakkan mereka mengakui kesilapan secara sukarela. Sebagai contoh, pengawal selia boleh menghukum pelanggaran yang dikenal pasti, dilaporkan dengan segera dan diperbetulkan dengan cepat oleh syarikat dengan hukuman yg lebih ringan berbanding pelanggaran yang tidak dilaporkan.¹⁰⁹ Pengendali yang mempunyai rekod pematuhan yang baik mungkin diberikan layanan cukai, kredit karbon atau penambahbaikan harga yang menggalakkan. Selain mengalihkan beberapa kos pengawasan kepada syarikat,

strategi ini menggalakkan pengendali untuk bertindak cepat bagi mengehadkan kesan pelanggaran dan tidak menunggu campur tangan pihak kawal selia.

Strategi Pematuhan dan Pengawasan

Terdapat banyak pendekatan pemantauan untuk peraturan gas metana. Program yang berkesan boleh menggunakan kesemuanya.

Pengawasan Sendiri Memerlukan syarikat mengawasi pelepasan mereka sendiri mencapai dua perkara pada masa yang sama: syarikat mengetahui tentang pelepasan mereka (langkah pertama untuk membetulkannya), dan mengetahui bahawa kerajaan (dan juga orang ramai) juga tahu tentang pelepasan itu.

Pemeriksaan harus difahami sebagai tindakan kerajaan untuk mengesahkan pematuhan. Peraturan itu mungkin menetapkan keperluan pemeriksaan, seperti menyemak rekod pensijilan, mengambil sampel, dan melibatkan diri dengan kakitangan syarikat, untuk menentukan pematuhan. Oleh sebab bilangan sumber biasanya jauh lebih banyak daripada yang boleh diperiksa oleh kerajaan, pemeriksaan harus ditumpukan pada sumber yang dicadangkan oleh penyasar data sebagai pesalah yang paling teruk.

Pengawasan pelepasan pihak ketiga. Hari ini terdapat banyak syarikat yang mampu memantau pelepasan gas metana daripada satelit dan penerbangan udara dan memberi perhatian kepada peristiwa pelepasan terbesar. Kerajaan boleh memanfaatkan kepakaran ini dengan membawa data pihak ketiga itu ke dalam program kerajaan. Jika pihak ketiga mengenal pasti peristiwa pelepasan yang besar, dan kerajaan memerlukan syarikat mengambil tindakan untuk memperbaikinya, keupayaan luar boleh digabungkan dengan pihak berkuasa kerajaan bagi mengurangkan pelepasan yang besar.

Audit Pihak Ketiga (berbeza daripada pemantauan pelepasan pihak ketiga yang dibincangkan di atas) menggunakan organisasi

atau pakar bebas untuk menilai ketepatan maklumat yang dibekalkan oleh pengendali minyak dan gas kepada pengawal selia. Jenis sokongan ini mungkin berfaedah apabila pengawal selia negara masih belum mewujudkan kapasiti auditnya sendiri. Walau bagaimanapun, pengawal selia masih perlu menguruskan pensijilan dan memastikan kebebasan juruaudit pihak ketiga tersebut. Sebagai contoh, juruaudit pihak ketiga harus dinilai untuk sebarang konflik kepentingan. Mereka juga perlu memiliki kecekapan untuk menjalankan audit pematuhan alam sekitar. Satu pilihan yang terbukti untuk meningkatkan kebebasan, dan dengan itu ketepatan audit pihak ketiga adalah dengan memilih juruaudit secara rawak daripada kumpulan yang diluluskan. Penentuan pematuhan mesti terletak pada pengawal selia dan audit pihak ketiga harus disemak dengan teliti dengan pengendali diberi peluang untuk memberi input. Argentina dan Mexico adalah dua negara yang mensyaratkan juruaudit pihak ketiga mengesahkan laporan syarikat.¹¹⁰

Pemeriksaan Garisan Pagar membenarkan pemeriksaan jarak jauh dalam keadaan di mana pemeriksaan di tapak adalah mencabar. Instrumen pengukuran di permukaan tanah atau udara boleh menyaring tapak untuk potensi pelepasan gas metana. Pihak ketiga juga boleh menjalankan pengesanan jarak jauh untuk mengenal pasti peristiwa pelepasan besar. Keputusan tinjauan tersebut mungkin menunjukkan keperluan untuk membuat susulan dengan pengendali atau membuat pemeriksaan di tapak.

Pengukuran pelaporan elektronik dan laporan pematuhan lain boleh meningkatkan kecekapan usaha pematuhan dengan ketara dan membolehkan ketelusan yang lebih tinggi yang merupakan satu strategi pematuhan yang penting. Alat digital boleh mengurangkan beban kerja penulisan pematuhan, terutamanya untuk operasi besar yang menjana data yang banyak. Menggabungkan automasi dan kecerdasan buatan mengurangkan ralat dalam pelaporan dan membolehkan peluang dikenalpasti dengan cepat untuk meningkatkan pematuhan dan mungkin juga pelanggaran.

Kerajaan mempunyai banyak pilihan untuk pelbagai jenis strategi kawal selia bagi memacu pematuhan.

Pemeriksaan harus difahami sebagai tindakan kerajaan untuk mengesahkan pematuhan. Peraturan ini mungkin menetapkan syarat pemeriksaan, seperti menyemak rekod pensijilan, mengambil sampel, dan melibatkan diri dengan kakitangan syarikat untuk menentukan pematuhan.

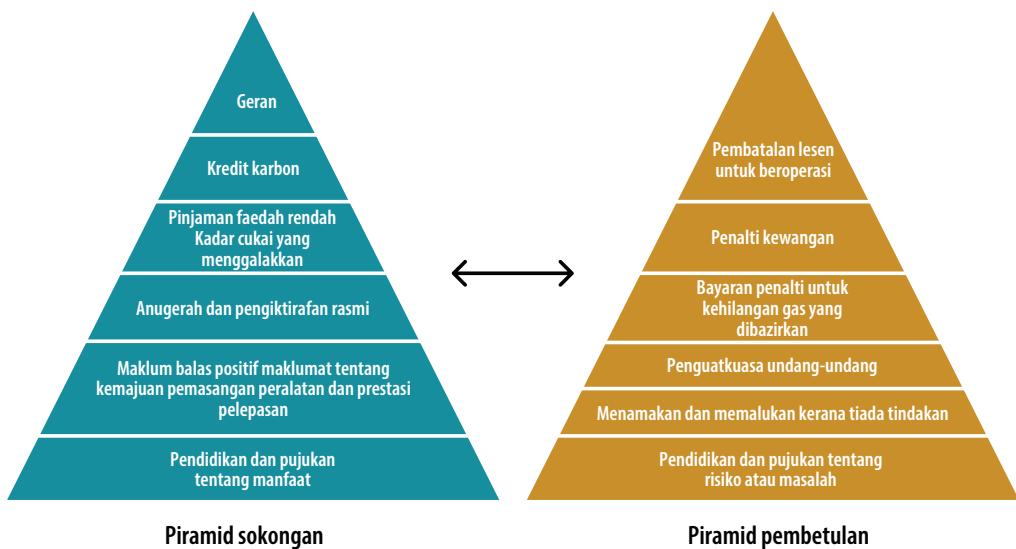
Audit Pihak Ketiga menggunakan organisasi atau pakar bebas untuk menilai ketepatan maklumat yang dibekalkan oleh pengendali minyak dan gas kepada pengawal selia. Jenis sokongan ini mungkin berfaedah apabila pengawal selia negara masih belum menetapkan kapasiti auditnya sendiri. Walau bagaimanapun, pengawal selia masih perlu menguruskan pensijilan dan memastikan kebebasan juruaudit pihak ketiga tersebut. Sebagai contoh, juruaudit pihak ketiga harus dinilai untuk sebarang konflik kepentingan. Mereka juga perlu memiliki kecekapan untuk menjalankan audit pematuhan alam sekitar. Penentuan pematuhan mesti terletak pada pengawal selia dan audit pihak ketiga harus disemak dengan teliti dengan pengendali diberi peluang untuk memberi input. Argentina dan Mexico adalah dua negara yang mensyaratkan juruaudit pihak ketiga mengesahkan laporan syarikat.

Pemeriksaan Garisan Pagar membenarkan pemeriksaan jarak jauh dalam keadaan di mana pemeriksaan di tapak adalah mencabar. Instrumen pengukuran di permukaan tanah atau udara boleh menyaring tapak untuk potensi pelepasan gas metana. Keputusan tinjauan tersebut mungkin menunjukkan keperluan untuk membuat susulan dengan pengendali atau membuat pemeriksaan di tapak.

Pendigitalan proses pengukuran dan pelaporan boleh meningkatkan kecekapan usaha pematuhan. Alat digital boleh mengurangkan beban kerja penulisan pematuhan, terutamanya untuk operasi besar yang menjana data yang banyak. Menggabungkan automasi dan kecerdasan buatan mengurangkan ralat dalam pelaporan dan membolehkan

peluang dikenalpasti dengan cepat untuk meningkatkan pematuhan dan mungkin juga pelanggaran.

Kerajaan mempunyai banyak pilihan untuk ganjaran dan paksaan: menerusi insentif dan penalti. Pilihan ini menyokong satu sama lain seperti sebuah piramid yang digambarkan di bawah.



Rajah 10.2: Piramid sokongan dan piramid pembetulan

Untuk menggalakkan kecekapan dan mengejar perubahan teknologi yang semakin meningkat, pengawal selia dari bidang kuasa yang berbeza boleh menggunakan **pendekatan penilaian kesetaraan**.¹¹¹ Pendekatan ini membolehkan pengawal selia memahami dan meluluskan alternatif yang dicadangkan oleh pengendali bagi peralatan dan/atau amalan yang mengurangkan gas metana yang diperlukan oleh peraturan (contohnya, berkenaan dengan LDAR) tanpa mengorbankan manfaat alam

sekitar.

Penguatkuasaan

Tindakan penguatkuasaan menggalakkan pematuhan dan kesaksamaan dengan memberikan tindakan penguatkuasaan yang boleh dipercayai untuk pelanggaran. Agensi kerajaan yang bertanggungjawab untuk menguatkuasakan peraturan pengurangan gas metana memerlukan kuasa undang-undang yang jelas untuk meningkatkan kredibiliti usaha penguatkuasaan mereka. Ini termasuk pihak berkuasa pemeriksaan dan penguatkuasaan, dengan kuasa untuk mengenakan pelbagai tindakan sewajarnya mengikut kesalahan pelanggaran bagi menggalakkan pematuhan.

Surat amaran boleh memaklumkan syarikat tentang pelanggaran yang dikesan dan menyenaraikan langkah-langkah khusus untuk mematuhiinya. Surat amaran membolehkan pengawal selia melibatkan diri dengan syarikat untuk membetulkan pelanggaran dan bekerjasama dalam mematuhi peraturan. Tindakan penguatkuasaan rasmi mungkin terhad kepada situasi di mana surat amaran tidak membawa kepada pematuhan.

Pada permulaan tindakan penguatkuasaan rasmi, dimensi pelanggaran perlu dinilai berdasarkan pelbagai faktor, termasuk:

- Kemudaratan sebenar atau yang berpotensi.
- Tahap penyelewengan daripada syarat.
- Sejarah pematuhan pelanggar peraturan.
- Sama ada pelanggaran itu didedahkan sendiri atau ditemui semasa pemeriksaan.

Faktor-faktor ini juga boleh mempengaruhi berat atau ringannya hukuman sivil. Menentukan penalti yang sesuai juga mungkin dipengaruhi oleh matlamat keseluruhan untuk memastikan pelanggar tidak mendapat manfaat kewangan

daripada ketidakpatuhan. Peluang utama untuk memacu prestasi yang lebih baik melalui penguatkuasaan adalah dengan menetapkan syarikat yang didapati melakukan pelanggaran untuk mematuhi peraturan. Syarikat juga perlu mengurangkan pelepasan mereka pada masa hadapan, iaitu, mengutamakan alam sekitar keseluruhannya di samping membayar penalti yang mendapatkan semula wang yang mereka peroleh semasa melanggar peraturan. Jumlah ini cukup untuk menghalang pelanggaran pada masa hadapan.

Reka bentuk kawal selia yang baik harus merangkumi mekanisme yang boleh mengendalikan merayu atau mencabar tindakan penguatkuasaan, termasuk tindakan pembetulan dan penalti. Kekangan kewangan bukanlah alasan yang sah untuk kegagalan mematuhi peraturan; jika syarikat menentukan bahawa kemudahan tidak mampu untuk beroperasi dengan mematuhi, ia boleh mengelakkan penalti masa depan dengan memilih untuk menutup kemudahan tersebut. Walau bagaimanapun, dalam sesetengah bidang kuasa, penalti boleh dikurangkan apabila rekod kewangan rasmi syarikat menunjukkan ketidakupayaan syarikat untuk membayar. Sebagai alternatif, syarikat mungkin dibenarkan untuk mengemukakan bayaran secara ansuran dalam tempoh masa tertentu apabila ia boleh membuktikan membayar penalti akan menghalang syarikat daripada membayar perbelanjaan perniagaan yang biasa dan perlu.

Pelan Pemeriksaan

Bahagian berikut menggariskan beberapa soalan penting yang boleh digunakan oleh pengawal selia untuk membangunkan pelan pemeriksannya bagi memastikan pematuhan peraturan pengurangan gas metana.

Oleh sebab sumber pemeriksaan sentiasa terhad, adalah penting untuk memberi keutamaan kepada pemeriksaan pelanggaran pelepasan yang paling serius, pelanggar berulang dan syarikat

yang mempunyai sejarah pelepasan yang besar.

Membangunkan Pelan Pemeriksaan

Objektif

- Apakah tujuan pemeriksaan?
- Apakah yang hendak dicapai?

Tugasan

- Apakah maklumat yang akan disemak (cth. permit, lesen, peraturan, laporan pemeriksaan terdahulu dan maklumat sejarah pematuhan)?
- Apakah penyelarasan yang diperlukan dengan kakitangan pengesanan, program alam sekitar lain, peguam atau agensi kerajaan?

Prosedur

- Manakah proses kemudahan khusus yang akan diperiksa?
- Adakah pemeriksa telah mendapatkan kebenaran masuk ke kemudahan itu?
- Adakah pemeriksaan memerlukan prosedur khas?
- Adakah pelan jaminan kualiti/kawalan mutu telah dibangunkan dan dilaksanakan?
- Apakah peralatan yang diperlukan?
- Apakah tanggungjawab setiap ahli pasukan pemeriksaan?

Sumber

- Siapakah kakitangan yang akan diperlukan?
- Adakah pelan keselamatan telah dibangunkan dan dilaksanakan?

Jadual

- Apakah keperluan masa untuk menjalankan aktiviti pemeriksaan?
- Apakah yang akan menjadi keutamaan? Apakah yang mesti dilakukan dan apakah yang opsyenal untuk diselesaikan?



Sumber Berguna untuk Memastikan Pematuhan

Rangkaian Antarabangsa untuk Pematuhan dan Penguatkuasaan Alam Sekitar (INECE): Prinsip Penguatkuasaan Alam Sekitar yang Berkesan. <https://inece.org/>

Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat (EPA): Dasar Tindak Balas Penguatkuasaan dan Dasar Audit EPA. <https://www.epa.gov/enforcement/enforcement-policy-guidance-publications>

Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat 2022: Pematuhan Generasi Seterusnya. <https://www.epa.gov/compliance/next-generation-compliance>

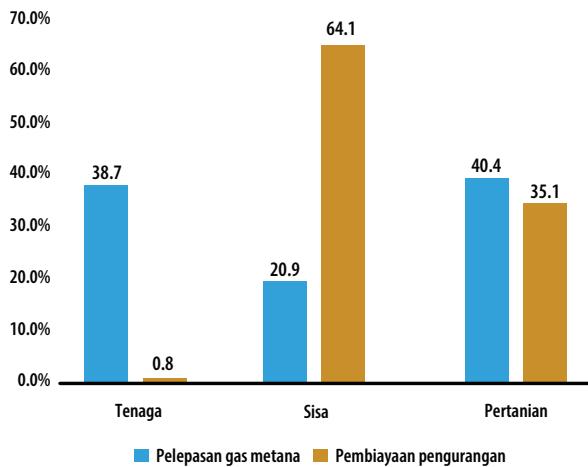
11. Pembiayaan untuk Pengurangan Gas Metana

Ringkasan Penting

- Penyelesaian gas metana mempunyai salah satu manfaat pengurangan pelepasan tertinggi bagi setiap dolar modal yang dilaburkan tetapi penyelesaian ini kekurangan dana secara global.
- Aliran kewangan yang mencukupi untuk mengurangkan gas metana dalam sektor minyak dan gas diperlukan untuk membantu mengurangkan pelepasan.
- Membawa kesedaran tentang peluang gas metana memerlukan pelaburan dalam penyelesaian teknikal dan aktiviti pemboleh. Pembiayaan kos tidak langsung yang tidak berkesan kepada kerajaan boleh menjadi halangan besar dalam melaksanakan penyelesaian teknikal.
- Sumber pembiayaan termasuk Institusi Kewangan Pembangunan (DFI), mekanisme pembiayaan khusus iklim dan Penerbit Bon Hijau.
- Ikrar Gas Metana Global mungkin menyumbang kepada integrasi mengurangkan gas metana ke dalam aturan kewangan untuk iklim.
- Pelepasan gas metana merupakan satu bentuk sisa, tetapi tanpa harga GHG, tidak semua sumber adalah kos efektif untuk diperbaiki atau dicegah oleh syarikat.
- Sesetengah syarikat mungkin hanya secara sukarela menggunakan gas metana yang dibazirkan sebelum ini yang kini menyediakan peluang pelaburan yang paling menarik. Di kebanyakan negara, kerajaan memerlukan peraturan untuk memacu tindakan pengurangan gas metana.

Merebut peluang untuk mengurangkan gas metana daripada sektor minyak dan gas memerlukan pelaburan yang besar. Walaupun 39 peratus daripada pelepasan gas metana datang daripada sektor tenaga, namun hanya 0.8 peratus daripada pembiayaan pengurangan gas metana ditujukan kepada sektor ini. Sumbangan sektor swasta, kerajaan persekutuan, institusi pelbagai hala dan dana kewangan iklim diperlukan untuk menangani jurang pembiayaan ini. Bab ini membincangkan sumber pembiayaan, pendekatan untuk

membaiyai pengurangan gas metana dan kajian kes yang menggambarkan contoh praktikal bagaimana pembiayaan boleh mempercepatkan usaha pengurangan.



Rajah 11.1: Pengagihan pembiayaan pengurangan dan pengagihan pelepasan gas metana merentas sektor mengikut peratusan.^{112, 113}

Jurang Pembiayaan

Langkah-langkah pengurangan gas metana tidak mendapat dana yang cukup.¹¹⁴ Berdasarkan Ikrar Gas Metana Global, gas metana menyumbang 17 peratus daripada pelepasan GHG global oleh aktiviti manusia. Walau bagaimanapun, gas metana hanya menerima kurang daripada 2 peratus daripada jumlah aliran kewangan iklim (~ USD 11 bilion pada 2019/2020). Lebih daripada USD 100 bilion diperlukan setiap tahun – sekurang-kurangnya peningkatan sepuluh kali ganda daripada paras semasa.¹¹⁵ Sektor bahan api fosil, yang mempunyai potensi tertinggi untuk pengurangan gas metana menjelang tahun 2030, menerima pembiayaan pengurangan gas metana yang paling sedikit.

Menurut satu anggaran daripada IEA, pelaburan berjumlah \$100 bilion diperlukan menjelang tahun 2030 untuk mencapai pengurangan kira-kira 75 peratus dalam sektor tenaga.¹¹⁶ Memandangkan manfaat pencapaian pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas, jurang pembiayaan ini menjadi cabaran kritikal.

Apakah Perkara yang Memerlukan Pembiayaan?

Mengawal pelepasan gas metana memerlukan pelaburan infrastruktur dan persekitaran yang menyokong infrastruktur tersebut – dasar, undang-undang, peraturan dan kontrak, termasuk struktur insentif dan penalti, untuk mengurangkan pelepasan gas metana.

Infrastruktur. Langkah pengurangan gas metana merangkumi sumber sedia ada dan potensi sumber pelepasan baharu. Walaupun menyasarkan sumber pelepasan yang besar dengan segera adalah munasabah, namun pembiayaan juga diperlukan untuk mengelakkan sumber pelepasan baharu. Oleh itu, pembiayaan infrastruktur pengurangan gas metana boleh termasuk campur tangan yang:

- ➔ Mengelakkan atau mencegah pelepasan gas metana daripada berlaku, contohnya, reka bentuk menggunakan piawaian baharu.
- ➔ Memanfaatkan gas metana: Melaksanakan projek yang menangkap gas ini dan menggunakan atau menyuntiknya semula.
- ➔ Mengurangkan atau merendahkan tahap pelepasan semasa.

Persekitaran boleh. Pembiayaan pengurangan metana termasuk bantuan teknikal untuk membina kapasiti. Sebagai contoh, membangunkan pasaran gas domestik memerlukan bantuan teknikal yang signifikan dan boleh menyumbang kepada pengurangan gas metana dalam projek minyak.

Sumber Pembiayaan

Pembiayaan untuk penyelesaian pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas boleh dilakukan berdasarkan sektor tertentu atau sebagai sebahagian daripada pembiayaan perubahan iklim negara. Antara sumber utama untuk membiayai penyelesaian pengurangan gas metana termasuklah:

Institusi Kewangan Pembangunan (Development Finance Institution, DFI). DFI berfokuskan pembangunan dan paling aktif dalam pasaran dengan akses pembiayaan swasta yang terhad atau untuk projek yang tidak mempunyai asas komersial yang kukuh. DFI boleh menurunkan harga, menyediakan pinjaman jangka panjang, menambah ketelusan dan menawarkan perlindungan untuk pelabur di tempat yang berisiko tinggi. Mereka juga selalunya bersedia untuk mengambil risiko teknikal ke atas teknologi baru muncul jika ia sejajar dengan objektif dasar mereka, seperti mengurangkan perubahan iklim. DFI berhasrat untuk menyokong objektif kerajaan dan menyediakan pembiayaan untuk projek yang berada dalam mandat yang ditetapkan kepada mereka. DFI biasanya mempunyai keadaan alam sekitar dan sosial yang komprehensif untuk sokongan mereka.

Dana iklim khusus. Beberapa DFI menguruskan dana iklim untuk menggalakkan penggunaan teknologi rendah karbon secara pantas, dengan tumpuan kepada tenaga boleh diperbarui. Ini termasuk Dana Iklim Hijau, Kemudahan Persekutaran Global, Hab Metana Global dan Dana Pelaburan Iklim (Dana Teknologi Bersih dan Dana Iklim Strategik). Kelebihan utama dana-dana ini ialah keupayaan untuk memberi pinjaman pada kadar yang lebih rendah daripada pasaran (pembiayaan konsesi). Pemberian pinjaman ini menambah baik struktur modal pelaburan gas metana dengan mengurangkan kos pembiayaan. Dana ini juga mempunyai kapasiti pinjaman yang besar. Sebagai contoh, Hab Metana Global merupakan sebuah organisasi kedermawanan yang menyediakan pembiayaan terus untuk projek pengurangan gas metana dan telah mengumpulkan dana lebih \$340 juta.

Agensi Kredit Eksport (Export Credit Agency, ECA). Kerajaan sesebuah negara menubuhkan ECA untuk menggalakkan eksport barang dan perkhidmatan. ECA boleh menyokong urus niaga penyelesaian, perisian dan teknologi pengurangan gas metana di mana urus niaga tersebut melibatkan import daripada pasaran ECA. ECA melindungi urus niaga melalui insurans atau melalui jaminan langsung pembayaran, menyediakan perlindungan risiko komersial dan politik. Sekiranya melibatkan ECA, pengeksport mungkin akan menawarkan terma perniagaan yang lebih kompetitif. Di samping itu, ECA boleh menyediakan perlindungan yang sewajarnya apabila pemberi pinjaman komersial lebih keberatan untuk menanggung risiko politik.

Syarikat minyak dan gas. Syarikat-syarikat ini boleh diberi galakan untuk membiayai langkah pengurangan apabila nilai pengurangan, dari segi penambahan gas metana yang ditangkap atau penalti kawal selia yang dapat dielak, adalah lebih besar berbanding kos. Beberapa syarikat minyak antarabangsa telah memperuntukkan sebahagian daripada belanjawan modal mereka untuk projek yang akan mengurangkan pelepasan GHG operasi mereka, termasuk pelepasan gas metana. Program-program ini disusun supaya projek pengurangan ini bersaing dengan peluang pengurangan GHG dalaman yang lain untuk mendapatkan modal tetapi bukan dengan penggunaan modal yang lain, seperti menggerudi telaga. Memandangkan industri minyak dan gas adalah pelbagai, ini mungkin bukan pilihan untuk setiap syarikat, kawasan geografi atau peluang pengurangan gas metana.

Syarikat Minyak Negara. Di negara di mana NOC bergiat aktif dalam sektor minyak dan gas (sebagai pengendali atau rakan usaha sama), mereka mungkin menjadi sumber pembiayaan untuk projek mengurangkan gas metana. NOC boleh menyokong projek pengurangan sebagai pelabur, dengan menyalurkan sebahagian keuntungan tertahan mereka, atau sebagai pemberi pinjaman, dengan menyalurkan dana yang sebaliknya akan disalurkan ke perbadaharaan negara. Walaupun NOC tidak mempunyai hasil yang diperlukan untuk menyokong

pengurangan gas metana, kerajaan masih boleh memilih untuk menggunakan NOC sebagai titik fokus untuk sokongan kewangan awam, sama ada melalui peruntukan langsung daripada belanjawan pusat atau melalui pinjaman semula di mana kerajaan meminjam dan menyalurkan dana kepada utiliti.

Bank perdagangan dan dana ekuiti swasta. Pemberi pinjaman seperti bank perdagangan dan dana ekuiti swasta akan menilai keupayaan komersial peluang pelaburan pengurangan gas metana seperti mana-mana pelaburan lain. Pemberi pinjaman ini mungkin tidak melihat nilai manfaat berkaitan iklim seperti yang dilakukan oleh DFI. Walau bagaimanapun, kebanyakan pemberi pinjaman mempunyai matlamat ESG dalam, termasuk pengurangan gas metana. Selain itu, jika manfaat pengurangan gas metana boleh diubah menjadi bentuk wang (iaitu kredit karbon, rebat cukai, dll.), insentif kewangan ini akan diambil kira dalam penilaian ekonomi projek oleh pemberi pinjaman.

Pembentukan kerajaan. Sesetengah kerajaan telah berjaya menerbitkan bon infrastruktur, termasuk bon hijau untuk projek mitigasi perubahan iklim. Walau bagaimanapun, kebanyakan dana awam terus disalurkan ke program mengurangkan gas metana sektor pertanian. Sesetengah kerajaan telah membentuk mekanisme untuk membiayai projek gas metana tertentu, seperti Program Telaga Terbiar Kanada bernilai CAD \$1.7 bilion untuk membantu membersihkan telaga minyak dan gas terbiar dan ditinggalkan di Alberta, Saskatchewan dan British Columbia.¹¹⁷ Di kebanyakan negara membangun, pilihan ini mungkin tidak tersedia, memandangkan komitmen perbelanjaan fiskal kerajaan yang lain, paras hutang yang tinggi dan keutamaan pembangunan yang lain.

Jadual 11.1: Mekanisme kewangan iklim dan institusi kewangan tertentu

Institusi Kewangan Pembangunan (DFI)	
DFI Berbilang Pihak	Bank Dunia, Bank Pembangunan Asia, Bank Eropah untuk Pembinaan Semula dan Pembangunan, International Finance Corporation
DFI Dua Pihak	CDC Group (United Kingdom), Swedfund (Sweden), International Development Finance Corporation (United States)
DFI Nasional	China Development Bank, KfW Banking Group (Jerman), Export-Import Bank of India
DFI Subnasional	Buenos Aires Guarantee Fund, Lower Austria Guarantees and Investments, Rio de Janeiro Development Agency
Mekanisme Pendanaan Khusus Iklim	
Dana Iklim Berbilang Pihak Khusus (UNFCCC)	Adaptation Fund UNFCCC, Green Climate Fund, Least-Developed Countries Fund dan Global Environmental Facility (GEF)
Dana Iklim Bukan UNFCCC	Program Membina Kapasiti Pelepasan Rendah UNDP, Inisiatif Kecekapan Tenaga Penggerak UNEP
Dana Iklim Negara (National Climate Funds, NCF)	Dana Amanah Perubahan Iklim Indonesia, Dana Iklim Antarabangsa UK, Dana Amanah Perubahan Iklim Bangladesh dan Inisiatif IKI Jerman
Dermawan	Rockefeller Foundation, Bloomberg Philanthropies, Energy Foundation, Ford Foundation, Hab Metana Global

Penerbit Bon Hijau

Bank Pembangunan	European Bank for Reconstruction and Development, World Bank, African Development Bank, European Investment Bank
Penerbit sekuriti berdasarkan aset	Fannie Mae, Credit Agricole CIB, Toyota
Penerbit korporat kewangan	BNP Paribas, Bank of America, Bank of China, Morgan Stanley
Entiti bersandarkan kerajaan	Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency, Indian Renewable Energy Development Agency
Penerbit berdaulat	Republik Fiji, Kerajaan Persekutuan Nigeria
Penerbit korporat bukan kewangan	Canadian Solar, Tesla Energy, Beijing Enterprises Water Group
Kerajaan tempatan	Tokyo Metropolitan Government (Jepun), City of Gothenburg (Sweden), New York MTA (A.S.), Negeri Connecticut (A.S.)

Arah Aliran Pembiayaan

Pada masa ini terdapat beberapa arah aliran dalam pasaran kewangan global yang sama ada boleh menutup atau menambahkan jurang pembiayaan untuk pengurangan gas metana. Pembiayaan untuk projek pengurangan gas metana dalam industri minyak dan gas boleh meningkat jika manfaat daripada projek tersebut lebih terserlah. Walau bagaimanapun, terdapat cabaran bagi pelaburan dalam usaha mengurangkan gas metana dalam sektor minyak dan gas, memandangkan objektif peralihan tenaga dan perubahan iklim.

Peranan kedermawanan. Dengan peningkatan kesedaran tentang peluang metana untuk menyumbang ke arah matlamat alam sekitar, ekonomi, tenaga dan pekerjaan, kedermawanan boleh memainkan peranan yang lebih penting. Ikrar Gas Metana Global dan inisiatif pembiayaan yang berkaitan boleh

memangkinkan pihak lain untuk meningkatkan bahagian gas metana dalam pembiayaan iklim.

Kewangan campuran. Pembiayaan swasta untuk aktiviti/projek pengurangan gas metana adalah 40 peratus lebih besar berbanding pembiayaan awam. Angka ini jauh berbeza dengan campur tangan perubahan iklim lain yang mana pembiayaan awam memainkan peranan penting. Campuran pembiayaan awam, swasta dan kedermawanan mungkin akan muncul.

Kerjasama. Rangkaian kerajaan bandar memanfaatkan skala ekonomi untuk menjalankan aktiviti pro-iklim, seperti perolehan teknologi secara kolektif di A.S. dan Nigeria. Manfaat ini boleh diperluaskan kepada penyelesaian pengurangan gas metana (cth., penyelesaian serantau untuk menggunakan gas berkaitan bagi penjanaan kuasa dan akses tenaga).

Keperluan ESG. Pelaburan berasaskan Alam Sekitar, Sosial dan Tadbir Urus telah mendorong kerajaan, DFI, bank perdagangan dan firma swasta lain keluar daripada pelaburan sektor minyak dan gas. Garis panduan ESG juga sedang dibangunkan untuk menambah baik pelaporan syarikat tentang impak aktiviti mereka kepada iklim. Sebagai contoh, Pasukan Petugas Pendedahan Kewangan Berkaitan Iklim (2015) dan Lembaga Piawaian Pendedahan Iklim (2007) merupakan usaha bersama antara penggiat swasta, bank pusat, lembaga kestabilan kewangan dan pengawal selia negara untuk membangunkan piawaian ESG dan iklim yang konsisten untuk pelaporan oleh syarikat.

Peningkatan Penelitian dalam Pembiayaan

Menunjukkan bahawa pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas akan memenuhi objektif iklim dan ESG boleh membawa masuk dana.

Had Pinjaman Antarabangsa untuk Projek Intensif Karbon

Pada 16 Ogos 2021, Jabatan Perbendaharaan A.S. mengeluarkan memo bimbingan dasar bertajuk Bimbingan Tenaga Bahan Api Fosil untuk Bank Pembangunan Berbilang Pihak (MDB).¹¹⁸ Fokus utama dasar ini adalah untuk mengumumkan penentangan Kerajaan A.S. terhadap “pembiayaan antarabangsa untuk tenaga berasaskan bahan api fosil intensif karbon,” khususnya bahawa ia akan menggunakan peranannya sebagai ahli lembaga dalam pelbagai MDB untuk mengundi menentang projek tersebut. Memo Perbendaharaan adalah yang terkini dalam jumlah kenyataan yang semakin meningkat oleh penderma utama yang menentang penggunaan kewangan pembangunan untuk menyokong projek bahan api fosil. Sebagai contoh, dasar itu menyatakan dengan tegas bahawa A.S. akan menentang “projek gas asli hulu.” Dasar ini memberikan sokongan terhad untuk “projek gas asli pertengahan dan hiliran” di negara yang layak IDA selagi projek memasukkan “strategi mengurangkan gas rumah hijau.” Secara kritis, dasar baharu ini ada memberikan pengecualian untuk pembiayaan projek pengurangan gas metana, tetapi dengan kaveat penting (penekanan dalam asal):

“Terbuka untuk menyokong Tangkapan, Penggunaan dan Penyimpanan Karbon (CCUS) dan projek mengurangkan gas metana. Kami terbuka untuk menyokong penyelesaian CCUS dan mengurangkan gas metana sebagai pelaburan berdiri sendiri untuk projek bahan api fosil sedia ada dengan mengandaikan ia tidak meningkatkan kapasiti projek sedia ada atau memanjangkan hayat operasinya dengan ketara.”

Pengajaran bagi negara-negara yang ingin mendapatkan pembiayaan pembangunan antarabangsa untuk projek minyak dan gas ialah penelitian terhadap cadangan projek dan penilaian kebolehlaksanaan akan meningkat. Negara-negara yang meliputi lebih separuh daripada import gas global dan satu pertiga daripada eksport gas global baru-baru ini menyeru untuk meminimumkan pelepasan penyalaan, gas metana dan gas CO₂ merentasi rantaian bekalan ke tahap sepenuhnya yang boleh dilaksanakan semasa COP27.¹¹⁹

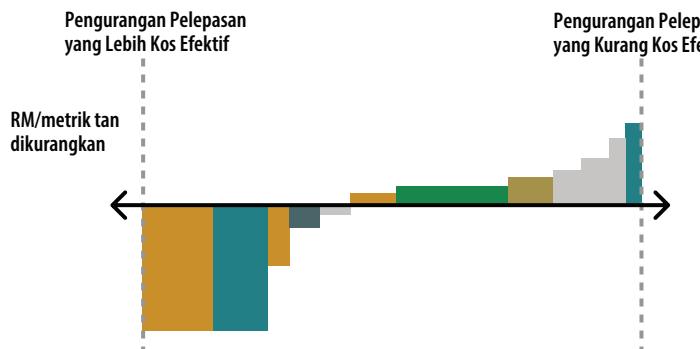
Pendekatan inovatif atau bukan tradisional. Dana kekayaan berdaulat dan pelaburan strategik dengan objektif iklim bercita-cita tinggi merupakan sumber yang berpotensi untuk membiayai projek pengurangan gas metana. Bagi negara berdepan cabaran akses tenaga dan keselamatan, pelaksanaan projek metana yang sejajar dengan laluan pembangunan karbon rendah negara dan rancangan pembangunan negara memberikan keutamaan akses tenaga negara sambil mengurangkan pelepasan gas metana. Bon peralihan dan pinjaman berkaitan kemampuan ialah mekanisme baru muncul yang memberikan fleksibiliti kepada pelepasan tinggi dalam menstrukturkan aktiviti pembiayaan mereka.

Pasaran karbon. Projek mengurangkan gas metana boleh menjana pendapatan melalui pasaran karbon jika direka dan disusun dengan baik. Cabaran semasa ialah kuantiti kesan positif iklim yang terhad, yang boleh diterjemahkan menjadi permit pelepasan yang boleh dijual beli. Pelepasan fugitif lebih mencabar kerana kesukaran menentukan garis dasar untuk mengukur pengurangan yang dicapai melalui tindakan yang diambil oleh sektor tersebut. Apabila kemajuan dicapai dalam menganggar dan memantau pelepasan, ini boleh menjadi sumber pembiayaan masa hadapan untuk projek.¹²⁰

Sokongan Ekonomi untuk Pengurangan Gas Metana

Pengawal selia perlu memulakan sokongan ekonomi di pihak kerajaan atau memujuk pengendali bahawa penyelesaian pengurangan adalah sesuai untuk pelaburan jangka pendek dan panjang. Walaupun pengendali ada insentif kewangan untuk mengelakkan pembaziran, sesetengah penyelesaian adalah lebih kos efektif berbanding yang lain. Analisis keberkesanan kos khusus untuk persekitaran operasi tempatan boleh membantu membangunkan dasar kawal selia pengurangan gas metana yang boleh dilaksanakan. Pelaburan pengurangan gas

metana seperti unit-unit LDAR huluan dan pengumpulan wap boleh menghasilkan pulangan positif bergantung pada keadaan.



Rajah 11.2: Contoh keluk kos pengurangan marginal. Setiap bar mewakili jenis projek pengurangan pelepasan, dan warna menunjukkan peluang pengurangan pelepasan tematik, seperti program mengesan dan membaki kebocoran.¹²¹

Pengendali swasta lebih cenderung memilih opsyen kos rendah, malah kos negatif. Walau bagaimanapun, dalam kes seperti ini, pelaburan awal biasanya diperlukan. Oleh itu tempoh bayaran balik yang singkat akan menjadikan pelaburan lebih menarik berbanding pilihan aset lain. Dalam kebanyakan kes, aktiviti pengurangan gas metana memberi peluang komersial yang akan membayar kos pelaburan dan penyelenggaraan awal dan mendatangkan pendapatan tambahan.

Keberkesanan Kos Pengurangan Pelepasan Gas Metana

Menerangkan sokongan ekonomi bagi projek pengurangan gas metana secara jelas boleh meningkatkan minat pelabur. Walau bagaimanapun, pandangan individu terhadap cadangan faedah kos mungkin berbeza-beza, bergantung pada sudut pandangan seseorang.

Perspektif Syarikat. Keberkesanan kos bagi syarikat bermakna nilai gas tambahan yang diperoleh semula atau fi atau denda penguatkuasaan yang dielakkan dengan mendapatkan semula gas melebihi modal tambahan dan kos operasi projek pengurangan. Langkah-langkah yang memenuhi kriteria ini boleh digambarkan sebagai mempunyai nilai kini bersih (NPV) positif, tempoh bayaran balik yang singkat atau kadar pulangan dalaman (IRR) yang memenuhi kriteria pelaburan syarikat.

Perspektif Ekonomi. Pendekatan ini mengambil kira manfaat bersih kepada ekonomi negara. Sebagai contoh, syarikat penghantaran dan pengagihan tempatan biasanya tidak memiliki gas yang mereka angkut. Pengawal selia biasanya memerlukan syarikat memulangkan nilai pengurangan kerugian daripada pengurangan gas metana kepada pelanggan mereka. Oleh itu, pengurangan gas metana dalam segmen industri ini tidak akan memberi pulangan positif kepada syarikat. Seterusnya, nilai kerugian yang dikurangkan akan terakru ke bahagian lain dalam ekonomi dalam bentuk harga gas yang lebih rendah dan pencemaran dapat dielakkan. Maka manfaat yang lebih meluas wujud walaupun apabila entiti yang melaksanakan pengurangan tidak boleh mendapat manfaat secara langsung daripada pengurangan kerugian.

Perspektif Kawal Selia. Pendekatan ini mengambil kira matlamat kesihatan awam dan alam sekitar untuk menentukan manfaat kepada masyarakat. Keberkesanan kos berbeza mengikut bahan pencemar dan program kawal selia yang berlainan. Dalam konteks ini, pengurangan gas metana mungkin dianggap kos efektif disebabkan oleh pengurangan pencemaran tempatan dan pemanasan global, walaupun pengurangan membawa kos bersih kepada syarikat. Pengawal selia juga boleh menimbang hasil fiskal tambahan daripada pelepasan yang terhalang berbanding pelaburan dalam alat mengesan dan kakitangan.

Mengewangkan Pengurangan Gas Metana

Manfaat pengurangan metana adalah secara langsung, seperti penangkapan gas yang sebaliknya akan dinyalakan/dilepaskan, atau tidak langsung, seperti penerbitan kredit karbon yang boleh dijual semula.

Tangkapan Gas

Pelaburan dalam mengurangkan gas metana yang membawa kepada penangkapan gas boleh memberikan pulangan yang ketara jika gas yang ditangkap boleh dihalakan kepada pengguna yang memerlukan gas. Pelaburan sedemikian boleh memberikan syarikat pulangan yang tinggi sama seperti peluang pelaburan lain. Gas metana yang ditangkap boleh ditukar menjadi wang dan tidak dinyalakan dengan:

- Menjual gas untuk kegunaan domestik (memasak, memanaskan rumah, dsb.).
- Menghasilkan Gas Asli Cecair atau Gas Petroleum Cecair jika gas basah.
- Menyuntik semula gas ke dalam takungan minyak dan gas untuk pemulihan yang dipertingkatkan.
- Menggunakan gas asli untuk menjana tenaga.
- Membekalkan stok suapan untuk industri hidrogen, metanol dan gas kepada cecair.

Setiap pilihan mempunyai cabaran masing-masing yang unik. Sebagai contoh, Program Pengkomersialan Penyalaan Gas Nigeria mempunyai proses pembidaan (2020-2023) untuk tapak penyalaan bagi mengewangkan gas bersekutu, termasuk pengeluaran petrokimia dan baja.¹²² Proses pembidaan ini berdasarkan pada sistem rantaian bekalan sedia ada (kemudahan pemprosesan, pengangkutan) yang boleh dipercayai oleh pembida untuk memindahkan gas asli ke pasaran. Di Medan

Florena di Colombia, pelaburan dibuat untuk menggunakan pemampat suntikan semula tekanan tinggi. Tetapi hanya sebahagian daripada jumlah gas yang boleh disuntik semula ke dalam takungan. Oleh itu gas lebih telah ditukarkan menjadi kuasa yang dibekalkan kepada grid elektrik.¹²³

Kredit Karbon

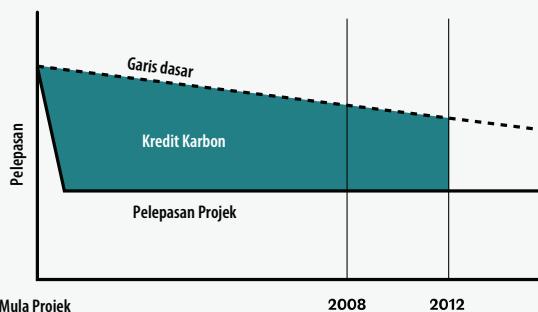
Pasaran karbon, di mana penjimatan GHG diterjemahkan kepada kredit yang didagangkan secara aktif, telah menjadi semakin lazim dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Pelaksanaan dan implikasi dasar pasaran karbon adalah subjek yang layak untuk buku panduannya sendiri dan tidak akan dibincangkan secara terperinci di sini. Walau bagaimanapun, pengurangan gas metana adalah satu cara untuk menghasilkan kredit dalam pasaran GHG. Berikut ialah contoh bagaimana pengurangan pelepasan fugitif daripada rangkaian pengagihan gas diterjemahkan kepada kredit yang menyokong ekonomi projek.



Kajian Kes Mengewangkan Pengurangan Gas Metana: Inisiatif Pengurangan Pelepasan Gas Metana di Bangladesh

Gas asli ialah sumber tenaga yang utama di Bangladesh. Kira-kira 65 peratus daripada tenaga komersial di Bangladesh diperoleh daripada gas asli. Kira-kira 13 peratus daripada jumlah bekalan gas asli digunakan untuk tujuan memasak di kediaman melalui saluran paip pengagihan gas. Apabila rangkaian pengagihan gas semakin lama, syarikat pengagihan gas telah mengenal pasti banyak kebocoran. Syarikat menggunakan pihak ketiga untuk mengenal pasti dan membaiki kebocoran gas metana untuk meningkatkan kecekapan dan keselamatan operasi.

Syarikat pengagihan tidak perlu melabur apabila sesuatu program dibiayai di bawah Mekanisme Pembangunan Bersih (CDM). Aktiviti LDAR merupakan salah satu contoh projek gas metana yang dibiayai oleh CDM.



Rajah 11.3: Ilustrasi Pulangan Kredit Karbon Berdasarkan Pelepasan Berkurangan.¹²⁴

Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited (TGTDCL), pembekal gas di ibu kota Dhaka dan kawasan sekitarnya, telah menandatangani Perjanjian Pelaburan Projek Pengurangan Pelepasan Bertauliah dengan NE Climate A/S (NES) Denmark pada tahun 2012 untuk mengurangkan pelepasan gas metana dengan menggunakan LDAR. UNFCCC telah mendaftarkan projek pada tahun 2015. Di bawah projek ini, kira-kira 4.0 juta tan metrik pelepasan metana setara CO₂ dapat dikurangkan setiap tahun. Selain itu, TGTDCL dapat menjana pendapatan dengan menjual CER.

Memandangkan kejayaan awal projek CDM, TGTDCL telah menandatangani satu lagi kontrak dengan syarikat yang sama untuk Pengurangan Pelepasan Disahkan (VER) pada tahun 2021. Penaja memulakan LDAR dengan projek baharu di peringkat Rise/RMS, bertujuan untuk menjimatkan 10.91 juta tan metrik setara CO₂ melalui pengurangan pelepasan gas metana.

Paschimanchal Gas Company (PGCL) menandatangani kontrak dengan Eco Gas Asia Limited. Hasilnya, kira-kira 0.36 juta tan metrik pengurangan pelepasan metana setara CO₂ berjaya dicapai setiap tahun, dan ini telah mula menjana pendapatan sebagai manfaat daripada projek CDM.

Karnaphully Gas Distribution Company (KGDCL) memulakan projek CDM dengan mengambil kira strategi LDAR. Hasilnya, kira-kira 2.64 juta tan metrik pengurangan pelepasan gas metana setara CO₂ telah dijimatkan antara 2019-2022. Di samping itu, KGDCL telah memulakan satu lagi sistem mengesan kebocoran gas pada saluran paip gas menggunakan sistem pengesanan gas mudah alih. Sistem pengesanan kebocoran gas ini direplikasi oleh syarikat pengagihan yang lain (BGDCL, JGTDSL) di bawah Petrobangla, syarikat gas negara milik kerajaan Bangladesh.

Semua projek CDM ini menyumbang kepada pencapaian sasaran NDC Bangladesh untuk pelepasan gas fugitif dalam sektor tenaga dan menjana pembiayaan untuk mengurangkan pelepasan gas metana.

12. Membina Kapasiti untuk Tindakan

Ringkasan Penting

- Mengurangkan gas metana merupakan keutamaan baharu – kerajaan dan syarikat di seluruh dunia sedang mengambil tindakan yang berani. Beberapa bidang kepakaran adalah penting untuk kerajaan supaya mereka boleh bertindak secara berkesan untuk mengurangkan gas metana.
- Dalam membentuk strategi pembinaan kapasiti, kerajaan lama-kelamaan boleh membangunkan kemahiran baharu secara progresif.
- Bergantung pada keadaan dan keupayaan sedia ada, pembinaan kapasiti boleh dilakukan secara pantas dan dengan sumber kewangan yang terhad.
- Bantuan disediakan: beberapa inisiatif pembinaan kapasiti sedia ada menyediakan sokongan pakar dan rakan ke rakan yang disesuaikan untuk bidang kuasa nasional dan subnasional. Sumber disediakan untuk menyokong kerajaan dan Syarikat Minyak Negara untuk bertindak pantas terhadap gas metana.

Kepakaran yang Diperlukan untuk Pengurusan Gas Metana

Bidang teras kepakaran yang diperlukan dalam kitaran hidup industri termasuklah:

Pembangunan dasar. Kepakaran dalam menilai dasar alam sekitar, tenaga dan petroleum sedia ada, kemahiran dalam merangka, dan pengalaman dalam menelusuri landskap politik. Komitmen dasar yang jelas akan meningkatkan peluang untuk memperoleh bantuan teknikal.

Rekabentuk kawal selia. Pengetahuan tentang implikasi undang-undang, institusi dan dasar pilihan. Reka bentuk peraturan pengurangan gas metana akan menentukan sama ada ia mencapai keberkesanan, kecekapan, kebolehlaksanaan, akauntabiliti, kemampuan dan keselamatan.

Kepakaran undang-undang. Pengetahuan dan penggunaan undang-undang tempatan, kesahan campur tangan khusus dan penggubalan undang-undang adalah penting untuk mencegah sebarang pelanggaran undang-undang sedia ada yang menyebabkan peraturan baharu tidak dapat dilaksanakan.

Kepakaran teknikal. Pelbagai rangka kerja dan teknik pengkuantitian dan bagaimana ini berfungsi dengan teknologi dan perisian termaju menyumbang kepada pemahaman cara membangunkan rejim yang berkesan untuk pengawasan, pelaporan dan pengesahan.

Kepakaran ekonomi. Memahami arah aliran makro ekonomi, pilihan pembiayaan, insentif pasaran dan mekanisme penetapan harga pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas. Seperti yang dibincangkan dalam buku ini, salah satu alat reka bentuk dasar dan peraturan yang paling berkuasa ialah keluk kos pengurangan marginal.¹²⁵

Pengalaman industri. Biasa dengan isu kontemporari, kejayaan dan kegagalan kawal selia, perkara operasi dan kebolehlaksanaan industri. Kajian kebolehlaksanaan formal digabungkan dengan pengetahuan termaklum tentang wilayah, sektor, teknologi dan peraturan memaklumkan penilaian risiko dan faedah pelbagai pilihan.

Kepakaran dalam pengawasan, penguatkuasaan dan pematuhan. Kepakaran dalam menyemak dan meluluskan projek, meluluskan permit, dan pengawasan, pematuhan dan penguatkuasaan. Pakar kejuruteraan, keselamatan dan alam sekitar membawa pemahaman tentang aspek teknikal yang diperlukan untuk penyerahan dan operasi bagi mengenal pasti sebarang perubahan yang diperlukan oleh program pengurangan gas metana negara.

Penyelarasian intra kerajaan dan penyelesaian konflik. Penyelarasian merentas agensi untuk menggalakkan pertukaran maklumat, rundingan perbezaan, penumpuan usaha dan penjajaran peraturan. Untuk memastikan keberkesanan, penyelaras mesti mendapatkan sokongan dan kesahan daripada

peringkat kepimpinan tertinggi dan diletakkan pada tahap kuasa yang cukup tinggi untuk melaksanakan perubahan.

Penyelarasan dengan bidang kuasa subnasional menyokong penyampaian penyelesaian yang fleksibel untuk menangani keperluan tempatan bagi industri dan komuniti. Ini benar terutamanya dalam dasar iklim, di mana kerajaan negeri dan wilayah telah menunjukkan kemahuan dan keupayaan untuk memimpin, termasuk melalui matlamat dan peraturan khusus bidang kuasa. Kerajaan subnasional kini berpeluang untuk mengambil tindakan awal ke atas gas metana, dan banyak yang telah menyatakan komitmen¹²⁶ untuk mengurangkan pelepasan gas metana daripada minyak dan gas. Pertukaran Pemimpin Tindakan Iklim Subnasional (SCALE)¹²⁷ menggabungkan Ikrar Gas Metana Global yang menyediakan peluang membina kapasiti melalui pembelajaran rakan sebaya tentang mekanisme penyelarasan dan pergerakan kewangan merentas sektor dan berbilang peringkat.

Membangunkan Strategi untuk Membina Kapasiti

Ekonomi membangun selalunya kekurangan sumber untuk reka bentuk peraturan dan aktiviti pengawasan. Dalam mewujudkan strategi pembinaan kapasiti, kerajaan negara harus (1) menilai keperluan mereka, (2) mengenal pasti sumber, dan (3) mendapatkan pembiayaan.

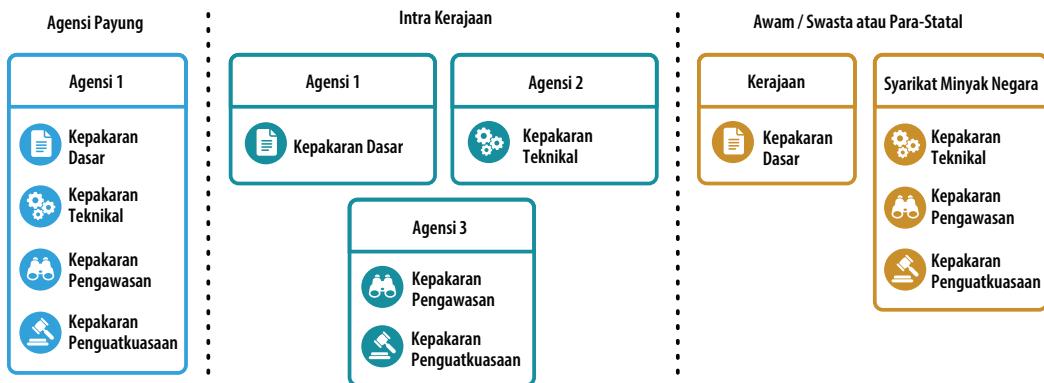
1. Menilai Keperluan

Penilaian ini mengkaji kapasiti individu dan institusi. Kapasiti individu ialah pengetahuan dan kemahiran kakitangan yang menguruskan rangka kerja kawal selia gas metana.

Kapasiti institusi ialah sistem termasuk prosedur pengurusan data, perancangan strategi, pembangunan tenaga kerja, peruntukan sumber dan penyelesaian pertikaian.

Penilaian akan bergantung pada beberapa ciri. Sebagai contoh, penilaian akan menimbang tahap pembangunan industri tertentu negara: tanpa pengeluaran, pembangunan yang baru mula, bekalan yang konsisten, pengeluaran puncak dan penamatan. Penilaian juga akan melihat kapasiti yang diperlukan berdasarkan pemahaman prospek masa depan industri: kitaran mengembang dan menguncup yang pantas, ketidakstabilan harga dan tempoh keemasan.

Salah satu aspek terpenting dalam mana-mana penilaian pembinaan kapasiti adalah menentukan di mana pihak berkuasa dan kepakaran sedia ada sudah berada: aturan tadbir urus negara yang sedia ada. Di sesetengah negara, terdapat sebuah agensi induk yang menempatkan segala kepakaran yang diperlukan. Negara lain akan mempunyai kepakaran yang ditempatkan merentasi pelbagai agensi. Sesetengah negara pula mempunyai NOC yang diberikan tahap kebebasan tertentu oleh kerajaan. NOC boleh menimbulkan cabaran kepada penyelaras dan kecekapan operasi, tetapi syarikat juga boleh menjadi sumber kekuatan penting untuk tindakan pengurangan gas metana yang pantas. Kebanyakan NOC mempunyai kapasiti individu dan institusi yang teguh dalam rangkaian, pengoptimuman proses dan membuat keputusan bersama. Ilustrasi di bawah memberikan perbezaan ringkas antara ketiga-tiga aturan tadbir urus ini.



Rajah 12.1: Perbezaan struktur sistem kawal selia.

2. Mengenalpasti Sumber dan Sokongan

Buku panduan ini mengandungi senarai sumber yang boleh menjadi titik permulaan untuk pembinaan kapasiti; butiran disediakan dalam *Bab 13: Sumber untuk Pelaksanaan*. Pemindahan pengetahuan dan kemahiran boleh berlaku melalui penyelidikan menggunakan komputer, latihan secara peribadi atau maya, latihan semasa kerja, latihan dan bimbingan. Berikut adalah sumber sokongan:

Penyelidikan/Analisis/Penerbitan. Pelbagai dokumen penyelidikan bertulis, penerbitan dan rujukan sedia ada boleh menjadi asas kepada pegawai kerajaan untuk isu kritikal yang berkaitan dengan gas metana dalam sektor minyak dan gas. Sumber boleh memaklumkan tentang strategi, dasar dan rejim kawal selia. Entiti komersial menyediakan sesetengah sumber ini dengan bayaran, tetapi yang lain boleh diakses secara bebas. Sebagai contoh, IEA kerap menyediakan data dan analisis tentang pelepasan metana minyak dan gas, potensi pengurangan dan teknologi untuk menyokong kerajaan dalam merangka dasar gas metana yang berkesan.

Inisiatif gas metana antarabangsa. Melalui pusat penyelesaiannya, *Gabungan Iklim dan Udara Bersih* (CCAC) bekerjasama dengan negara-negara yang mengambil bahagian bagi mengenal pasti sumber untuk menyokong mitigasi metana. CCAC bertemu dengan setiap negara secara individu untuk membincangkan keutamaan dan keperluan. Mereka juga membantu membangunkan strategi pengurangan gas metana yang direka untuk merealisasikan matlamat Ikrar Gas Metana Global. Perikatan Metana Global bertujuan untuk menyokong negara yang komited untuk mencapai sasaran pengurangan metana yang tinggi dalam sektor minyak dan gas. *Perkongsian Pengurangan Penyalaan Gas Global (GGFR)* Bank Dunia ialah dana amanah berbilang penderma yang terdiri daripada kerajaan, syarikat minyak dan organisasi berbilang pihak yang komited untuk menghentikan penyalaan gas rutin di tapak pengeluaran minyak global. *Bank Eropah untuk Pembinaan Semula dan Pembangunan (EBRD)* menyediakan bantuan teknikal dan memudahkan pemindahan pengetahuan tentang pengukuran, pelaporan dan pengurangan pelepasan gas metana. Ia juga boleh mempertimbangkan penyediaan pembiayaan untuk pelan pelaburan pengurangan gas metana. Contoh di atas merupakan beberapa inisiatif antarabangsa khusus untuk gas metana.

Pakar bidang. Pakar ini mungkin berada merentasi sektor awam, swasta atau agensi berbilang pihak. Memanfaatkan kepakaran luar selalunya penting dalam membangunkan penyelesaian khusus untuk sesbuah bidang kuasa. Pakar selalunya boleh didapati secara percuma melalui NGO, pertukaran berbilang pihak dan program-program PBB. Kontraktor juga boleh diambil untuk memberi nasihat dalam keadaan lain. Institusi akademik dalam dan luar negara mungkin menawarkan bimbingan dengan kos yang sedikit atau secara percuma.

Inisiatif yang diterajui industri. Inisiatif ini menyediakan bantuan teknikal dan bimbingan dalam industri. Sebagai contoh, *Inisiatif Mensasarkan Pelepasan Gas Metana Sifar OGCI¹²⁸* menyeru pendekatan menyeluruh yang menangani

pelepasan gas metana sama seriusnya sebagaimana industri minyak dan gas menangani isu keselamatan selama ini.

Pertukaran rakan ke rakan. Melalui rangkaian formal dan tidak formal, negara boleh meneroka pembelajaran dan cabaran yang dikongsi bersama negara setara mereka. Sementara itu, negara yang mempunyai pengalaman kawal selia dan kepakaran teknikal yang luas boleh memberikan nasihat yang berkaitan. Pengawal selia mendapat manfaat daripada kebijaksanaan rakan setara dalam melaksanakan inisiatif pengurangan gas metana mereka. Sila baca *Kumpulan Pengeluar Baharu* sebagai contoh amalan komuniti kerajaan ke kerajaan.

Rakan pembangunan. Ini adalah rangkaian antarabangsa yang direka untuk perkongsian pengetahuan merentasi sempadan dan penyedia sumber yang boleh membantu membawa kerajaan bersama untuk mengenal pasti strategi pembangunan kapasiti yang berkesan dan berkongsi hasil yang positif. Sila lihat contoh di bawah.



Gabungan Iklim dan Udara Bersih (CCAC)

CCAC menjadi sumber permulaan yang penting untuk bantuan pembinaan kapasiti pengurangan gas metana. Melalui pusat penyelesaiannya, CCAC bekerjasama dengan rakan kongsi yang berminat untuk membantu semua kerajaan dan peserta lain bersedia untuk membuat komitmen yang kukuh dan bercita-cita tinggi untuk mengurangkan pelepasan gas metana daripada sektor minyak dan gas. CCAC telah membantu negara membina kapasiti untuk mereka bentuk dan melaksanakan dasar dan peraturan untuk mengurangkan gas metana:

- **Mexico.** CCAC menyediakan pembinaan kapasiti kepada ASEA Mexico (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente, atau Agensi Keselamatan, Tenaga dan Alam Sekitar) untuk agensi melaksanakan peraturan yang berani pada tahun 2018 bagi mengawal pelepasan gas metana daripada industri minyak dan gas. CCAC antara lain menyediakan latihan pengurusan data, pemeriksaan LDAR dan pengesahan pihak ketiga. Mexico menetapkan matlamat untuk mengurangkan 40-45 peratus pelepasan gas metana daripada sektor minyak dan gas menjelang tahun 2030.¹²⁹
- **Nigeria.** CCAC membantu Nigeria dengan dasar dan peraturan terkini tentang pengurangan gas metana. Sesetengah dasar dan peraturan dibincangkan dalam buku ini. Dengan menghubungkan Nigeria secara rakan setara dengan pembuat dasar dan pakar dari seluruh dunia, CCAC membantu pengawal selia sektor minyak dan gas utama Nigeria, seperti Suruhanjaya Kawal Selia Petroleum Huluan, dalam mereka bentuk peruntukan penyalaan, LDAR dan MRV.¹³⁰



Kumpulan Pengeluar Baharu: Rangkaian Pengetahuan Kerajaan dengan Kerajaan

Kumpulan Pengeluar Baharu (New Producers Group, NPG) ialah contoh rangkaian perkongsian pengalaman dan pengetahuan negara-negara Selatan Global selama 10 tahun yang berjaya. Kumpulan ini menghimpunkan lebih daripada 30 buah negara membangun yang merupakan pendatang baharu dalam sektor minyak dan gas, seperti Guyana, Ghana, Kenya, Mauritania, Mozambique, Senegal, Suriname, Tanzania, Uganda dan Namibia. Ia telah ditubuhkan pada 2012 oleh Chatham House, Institut Tadbir Urus Sumber Asli dan Sekretariat Komanwel. Kumpulan menghubungkan lebih 700 pegawai kerajaan (kementerian, pengawal selia, NOC) dengan rakan setara, badan pemikir, pakar industri dan syarikat tenaga. NPG bertujuan untuk menyokong kerajaan dalam mengurus sumber petroleum secara berkesan, menelusuri peralihan tenaga dan menyepadukan strategi daya tahan iklim untuk hasil pembangunan yang mampan. Aspek teras aktiviti NPG ialah membina kecekapan GHG pegawai kerajaan. Ini dilakukan menerusi webinar, penyelidikan dan bengkel seperti *Menjajarkan Sektor Petroleum dengan Matlamat Pembangunan Negara, Tenaga dan Iklim (2021)* dan *Meminimumkan Pelepasan GHG daripada Sektor Petroleum (2022)*.

3. Mendapatkan Dana

Memahami sumber kewangan yang ada akan membantu merangka peluang untuk menetapkan dan menentukan di mana kerajaan boleh mendapatkan pembiayaan. Sumber termasuk:

Rakan pembangunan. Walaupun sumber ini boleh diakses dalam jangka pendek dan sederhana, bergantung pada rakan pembangunan dalam jangka panjang harus dielakkan. Struktur harus diwujudkan untuk memastikan pembiayaan sendiri

dalam jangka panjang.

Pengendali melalui keperluan latihan dan pembangunan sedia ada. Rejim kawal selia boleh menyediakan peruntukan, dalam undang-undang atau melalui perjanjian petroleum, mewujudkan dana latihan, atau menyumbang kepada pembinaan kapasiti tempatan. Di negara yang memiliki sektor minyak dan gas yang aktif, pengawal selia boleh mengenakan fi kepada pengendali untuk menubuhkan dana pembangunan kapasiti.

Peruntukan belanjawan negara. Kerajaan yang mengutamakan pengurangan gas metana akan mengumpulkan kewangan melalui simpanan cukai dan belanjawan di bawah rangka kerja dasar iklim mereka.

Pembiayaan iklim. Mungkin terdapat peluang untuk mengakses kewangan iklim untuk usaha mitigasi. Peluang ini memerlukan penyediaan cadangan projek yang menggariskan dengan jelas pelepasan gas metana yang mahu dikurangkan atau dielakkan.

Cukai ketahanan iklim. Cukai ini boleh membantu membaiayai pembangunan kapasiti termaju. Memandangkan pengurangan pelepasan metana menjana pendapatan, beberapa dana boleh diperuntukkan untuk pembinaan kapasiti sektor.

Geran penyelidikan. Pembiayaan untuk geran penyelidikan penyelesaian teknologi yang sesuai boleh diperuntukkan kepada bakal penyelidik, terutamanya di peringkat universiti. Kerajaan, dalam keadaan tertentu, boleh bertindak sebagai pemberi geran, di mana mereka diminta untuk menjadi penjaga dana yang dikhaskan untuk penangkapan dan pengurangan gas metana — dengan mengagihkan dana ke kawasan yang paling terjejas.

Maklumat terperinci tentang sumber kewangan boleh didapati dalam *Bab 11: Pembiayaan untuk Mengurangkan Gas Metana*.



Kajian Kes Kejayaan Membina Kapasiti: Protokol Montreal

Protokol Montreal telah berjaya mengurangkan penggunaan bahan penipis kapisan ozon untuk melindungi lapisan ozon stratosfera. Unit Ozon Kebangsaan (National Ozone Unit, NOU) yang dikendalikan oleh Pegawai Ozon Kebangsaan telah ditubuhkan di negara membangun dengan kuasa untuk menguruskan program nasional mereka bagi mematuhi Protokol Montreal. Program ini termasuk jadual pemansuhan yang dipersetujui untuk bahan terkawal. Penubuhan NOU menggambarkan keperluan untuk membina kapasiti bagi melaksanakan Protokol Montreal dengan berkesan.

Sementara itu, NOU ini terlibat antara satu sama lain dalam rangkaian serantau dan bengkel pembinaan kapasiti di mana mereka boleh mendapat manfaat daripada bimbingan dan kepakaran tambahan. Hasilnya, pembuat dasar di negara membangun dapat belajar daripada pengalaman rakan setara mereka dan menerima akses kepada sumber tambahan. Sungguhpun dengan kejayaan ini, Protokol mengalami kesukaran untuk melaksanakan fungsi kawal selia yang ditetapkan kerana pusing ganti kakitangan yang tinggi di negara-negara yang mempunyai NOU yang lebih kecil.

Negara maju membayai aktiviti ini melalui Dana Berbilang Pihak Protokol Montreal. Melalui model ini, bidang kuasa berjaya mengekang bahan penipis lapisan ozon secara berkesan. Model ini boleh direplikasi untuk mengurangkan pelepasan gas metana.

13. Sumber untuk Pelaksanaan

Anda Tidak Bersendirian

Pengurangan gas metana adalah satu cabaran, tetapi terdapat banyak sumber yang boleh membantu – dan banyak yang percuma. Antaranya terdiri daripada primer, portal data dan alat pemodelan untuk organisasi dengan misi untuk membantu kerajaan – selalunya tanpa sebarang kos. Senarai di bawah bukanlah lengkap tetapi mencerminkan keratan rentas sumber yang tersedia.

Nasihat Pakar Khusus

Gabungan Iklim dan Udara Bersih

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

Gabungan antara kerajaan, pertubuhan antara kerajaan, perniagaan, institusi saintifik dan organisasi masyarakat sivil ini dengan Sekretariat yang dihoskan oleh Program Alam Sekitar PBB memberikan nasihat tentang pengurangan gas metana. Dengan fokus terhadap pencemar udara bersih dan iklim, CCAC “bersedia untuk bersemuka dengan negara-negara untuk membincangkan keutamaan dan keperluan serta membantu membangunkan strategi pengurangan gas metana yang paling cekap.” Selain itu, gabungan menyediakan unjuran, sokongan perancangan nasional, bimbingan dasar, alat kawal selia dan banyak lagi.

Pasukan Petugas Udara Bersih

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

NGO ini membantu pengeluar minyak dan gas dan membuat dasar membina peraturan gas metana yang kukuh. Mereka telah bekerja dengan negara Nigeria, Mexico, Colombia, Ecuador dan negara-negara lain untuk menyokong pengurangan gas metana dalam sektor minyak dan gas. Mereka juga bekerja

untuk memudahkan akses untuk penglibatan dan pendanaan berbilang pihak.

Dana Pertahanan Alam Sekitar

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

NGO ini mempunyai pelbagai alat untuk membantu membuat dasar dan pengawal selia dalam usaha mengurangkan gas metana. EDF bekerjasama dengan pelbagai rakan kongsi dan pihak berkepentingan, dan menasihati tentang pilihan pengawalseliaan untuk mengurangkan gas metana secara global.

Inisiatif Metana Global

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

Sejak tahun 2004, gabungan antarabangsa ini telah memajukan usaha “pengurangan gas metana jangka pendek yang menjimatkan kos” dengan menghubungkan pembuat dasar dengan institusi kewangan dan kerajaan setara. GMI menyediakan sokongan teknikal untuk melaksanakan projek metana menjadi tenaga di seluruh dunia yang membolehkan negara rakan kongsi melancarkan projek pemulihan dan penggunaan gas metana.

Gabungan Under2

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

Konsortium kerajaan subnasional ini dianggotai oleh lebih 160 buah negeri dan wilayah yang menerajui tindakan iklim. Ia menyediakan forum penting untuk kerajaan bagi “berkongsi cara berkesan untuk mengurangkan pelepasan gas metana, bermula dengan tumpuan pada sektor minyak dan gas.”

Pembiayaan

Gabungan Iklim dan Udara Bersih

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

Gabungan antara kerajaan, pertubuhan antara kerajaan, perniagaan, institusi saintifik dan organisasi masyarakat sivil ini dengan Sekretariat yang dihoskan oleh Program Alam Sekitar PBB boleh menunjukkan kerajaan ke arah peluang pembiayaan. Gabungan menyediakan bantuan pakar tersuai untuk membantu kerajaan mencapai matlamat gas metana merentas sektor.

Landskap Kewangan Pengurangan Gas Metana (Inisiatif Dasar Iklim)

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

Laporan ini menumpukan pada penyelesaian pengurangan gas metana yang telah wujud merentas sektor untuk “menilai pelaburan global dalam aktiviti pengurangan gas metana dan mewujudkan garis asas yang boleh mengukur keperluan pelaburan dan kemajuan.”

Hab Metana Global

<https://globalmethanehub.org/>

Organisasi kedermawanan ini menyediakan pendanaan langsung untuk projek mengurangkan gas metana. Hab yang dilancarkan pada bulan Mac 2022 ini berhasrat untuk “menyokong dan mengekalkan tindakan daripada masyarakat sivil, kerajaan dan industri swasta, termasuk di lebih 100 buah negara yang telah menandatangani GMP dengan melabur secara bermakna dalam penyelesaian pengurangan gas metana.”

Rangkaian Projek Inisiatif Metana Global

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

Rangkaian ini “terdiri daripada para wakil industri, komuniti penyelidikan, institusi kewangan, kerajaan negeri dan tempatan dan pakar berkepentingan lain yang berminat untuk membangun dan menyokong projek pengurangan, pemulihan dan penggunaan gas metana di Negara Rakan Kongsi.”

Program Bon Hijau Kumpulan Bank Dunia

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

Program ini menawarkan pendanaan untuk pengurangan gas metana daripada penyalaan gas serta untuk projek sektor pertanian dan sisa.

Penyelesaian Kewangan untuk Mengurangkan Penyalaan Gas Asli dan Pelepasan Gas Metana

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

Laporan ini menyediakan rangka kerja untuk pembuat dasar menilai kebolehlaksanaan dan daya tarikan kewangan projek penyalaan dan pengurangan gas metana (flaring and methane reduction, FMR), menganalisis halangan pelaburan dan mengenal pasti pembolehubah penting dan faktor kejayaan yang disokong oleh pengajaran yang dipelajari daripada kajian kes. Templat pemodelan kewangan yang ringkas dicadangkan untuk membantu penggubal dasar menilai pilihan FMR.

Panduan

Penilaian Gas Metana Global: Ringkasan untuk Pembuat Keputusan (Gabungan Iklim dan Udara Bersih PBB)

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

Sumber ini telah digubal oleh Program Alam Sekitar PBB dan Gabungan Iklim dan Udara Bersih. Ia menerangkan keperluan kesihatan, ekonomi dan iklim untuk menangani gas metana merentas sektor.

Hala Tuju Kawal Selia untuk Metana Minyak dan Gas (Agensi Tenaga Antarabangsa)

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

Agensi Tenaga Antarabangsa membangunkan bimbingan langkah demi langkah yang praktikal ini. Tidak kira bidang kuasa mana, ia merupakan sumber dalam membangunkan dasar gas metana untuk minyak dan gas. Pelan Hala Tuju membimbing pembuat dasar melalui proses sepuluh langkah, bermula daripada memahami konteks undang-undang dan politik kepada menyemak dan mengemas kini dasar.

Primer untuk Menyekat Gas Metana: Strategi Terbaik untuk Memperlakukan Pemanasan dalam Dekad hingga tahun 2030 (Institut Tadbir Urus dan Pembangunan Mampan)

https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer_2022.pdf

Seperti yang dijelaskan oleh Institut Tadbir Urus dan Pembangunan Mampan (Institute for Governance and Sustainable Development, IGSD): Primer Metana ini “menyediakan rasional saintifik dan dasar untuk pembuat keputusan untuk mencapai pengurangan yang 'kukuh, pantas dan mampan' bagi pelepasan gas metana yang diperlukan untuk memperlakukan

pemanasan global dalam masa terdekat dan mengehadkan risiko iklim, ekonomi dan titik puncak sosial daripada tercetus. Topik yang disentuh termasuk sains mitigasi gas metana dan mengapa tindakan diperlukan segera; peluang mitigasi semasa dan baru muncul mengikut sektor; usaha nasional, serantau dan antarabangsa yang boleh memaklumkan tindakan global kecemasan ke atas gas metana; dan inisiatif pembiayaan untuk mendapatkan sokongan bagi pengurangan pantas gas metana. Primer Metana juga menyokong keperluan untuk penyelidikan dan pembangunan teknologi untuk mengalihkan gas metana dari atmosfera pada skala besar."

Meminimumkan Pelepasan Gas Rumah Hijau dalam Sektor Petroleum (Kumpulan Pengeluar Baharu)

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

Laporan ini memberi tumpuan kepada pengeluar baharu, membantu mereka "mereka bentuk undang-undang, sistem kawal selia, rejim dan projek pengawasan mereka" untuk mengurangkan pelepasan gas rumah hijau.

Bimbingan Tindakan Subnasional terhadap Gas Metana (Gabungan Under2)

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

Dibangunkan oleh gabungan yang merangkumi lebih 160 bidang kuasa subnasional, gambaran keseluruhan ini direka bentuk untuk memberi kerajaan tempatan, negeri dan wilayah pelbagai sumber untuk menangani gas metana merentas sektor.

Penyelesaian Kewangan untuk Mengurangkan Penyalaan Gas Asli dan Pelepasan Gas Metana (Bank Dunia)

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

Laporan ini “menyediakan rangka kerja yang sistematik untuk menilai kebolehlaksanaan projek pengurangan penyalaan di tapak penyalaan bersaiz sederhana. Pendekatan dan alat-alat yang dibangunkan akan membantu pembuat dasar dan pengendali menganalisis halangan pelaburan, mengenal pasti pembolehubah utama dan faktor kejayaan, dan membentuk pilihan kewangan untuk penyalaan bersaiz sederhana yang selama ini diabaikan.”

Perkongsian Pengurangan Penyalaan Gas Global (Bank Dunia)

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

Dana ini membangunkan program penyalaan khusus negara, berkongsi amalan terbaik dan mendapatkan komitmen global untuk menamatkan penyalaan rutin. Matlamatnya adalah untuk “menamatkan penyalaan gas rutin di tapak pengeluaran minyak di seluruh dunia.”

Sumber Gas Metana (Pusat untuk Undang-undang, Tenaga dan Alam Sekitar)

<http://methaneresources.org>

Penyelidik di University of California, Berkeley School of Law telah membangunkan platform ini sebagai tempat pengumpulan maklumat tentang pengurangan gas metana merentas sektor. Ia membawa pengguna kepada rangkaian sumber yang komprehensif untuk membantu “kerajaan, perniagaan, NGO dan lain-lain merebut peluang iklim yang penting dengan menangani pelepasan gas metana.”

Alat-alat

Alat Pengurangan Gas Metana Negara (Pasukan Petugas Udara Bersih)

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

Dibangunkan oleh Pasukan Petugas Udara Bersih, alat ini menawarkan gabungan unik alat pengumpulan data, pelaporan, penglibatan dan reka bentuk dasar yang mudah digunakan yang membolehkan pengguna memperoleh gambaran, menganalisis data, membina konsensus dan membangunkan rancangan mitigasi seterusnya menyedari bahawa tiada satu penyelesaian tunggal yang sesuai untuk semua masalah pelepasan gas metana.

Indeks Iklim Minyak serta Gas (Institut Rocky Mountain)

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

Dibangunkan oleh pakar terkemuka di Rocky Mountain Institute, alat ini “mendedahkan saiz, skop dan ciri masalah gas metana dengan mengukur dan membandingkan pelepasan gas rumah hijau daripada lebih dua pertiga bekalan minyak dan gas dunia.” Ia berhasrat untuk membentangkan penilaian pelepasan kitaran hayat di kepala telaga dan semasa pemprosesan, penapisan dan pengangkutan.

Alat Kesempurnaan Pelepasan Sumber Titik Satelit (Institut Rocky Mountain)

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

Alat SPECT direka untuk membantu pengguna membandingkan satelit untuk kesempurnaan dalam “mengenal pasti dan menjelaki pelepas super gas metana.”

MiQ

<https://miq.org/>

MiQ ialah badan bukan untung bebas yang ditubuhkan oleh RMI dan SYSTEMIQ untuk memudahkan pengurangan pelepasan gas metana secara pantas daripada sektor minyak dan gas. Ia merupakan sistem pensijilan pertama di dunia yang menggredkan gas pada pelepasan gas metana.

Kit Alat Penyalaan Gas Metana

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

Dokumen terbitan Bank Dunia ini menyediakan nasihat dan maklumat praktikal tentang pengukuran dan pengawasan pelepasan gas metana daripada penyalaan gas dalam industri minyak dan gas.

Templat Pelaporan dan Bimbingan Teknikal (Perkongsian Metana Minyak dan Gas 2.0)

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

Dokumen dan templat bimbingan ini memudahkan proses pelaporan dan menerangkan konsep penting operasi peralatan minyak dan gas.

Prinsip Bimbingan Gas Metana

<https://methaneguidingprinciples.org/>

24 penandatangan minyak dan gas bagi prinsip ini berusaha ke arah “tindakan dalam industri dan kerajaan untuk mengurangkan pelepasan gas metana daripada rantai bekalan gas asli.” Mereka juga “membangun dan berkongsi alat dan bimbingan interaktif penglibatan langsung untuk membantu orang lain belajar daripada pengalaman mereka dan mempraktikkan pelajaran tersebut.”

Siri Rangka Kerja Gas Metana (Pusat untuk Undang-undang, Tenaga dan Alam Sekitar)

<https://methanerесources.org/>

Siri ini memberikan asas bagi dasar pengurangan gas metana. Ia menyediakan kerajaan untuk merealisasikan peluang dalam tindakan gas metana dalam sektor minyak dan gas serta pertanian, arang batu dan sisa.

Sumber Data

Balai Cerap Pelepasan Gas Metana Antarabangsa

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

Program PBB ini “memangkinkan pengumpulan, penyelarasan dan integrasi data pelepasan gas metana berdasarkan empirikal pada hampir masa sebenar untuk menyediakan ketelusan iklim yang belum pernah dicapai dan maklumat yang diperlukan untuk mengurangkan gas rumah hijau yang berkuasa ini.”

Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

Carbon Mapper ialah satu inisiatif bukan untung dengan rangka kongsi termasuk Arizona State University, University of Arizona, Rocky Mountain Institute, Negeri California dan Jet Propulsion Laboratory NASA, yang berfungsi untuk “menawarkan perkhidmatan mengesan kebocoran gas metana yang pantas kepada pengendali kemudahan dan pengawal selia” melalui teknologi penderiaan jauh. Mereka menyasarkan untuk melancarkan dua buah satelit pada tahun 2023 untuk menyediakan akses yang lebih luas kepada data ini.

MethaneSAT

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

Inisiatif Dana Pertahanan Alam Sekitar ini merancang untuk melancarkan sebuah satelit pada awal tahun 2024. Mereka berjanji untuk mengenal pasti gumpalan gas metana yang besar “hampir di mana-mana sahaja di Bumi,” dengan menyatakan bahawa “menyekat pelepasan metana daripada minyak dan gas adalah satu-satunya cara paling cepat dan paling berkesan yang boleh dilakukan untuk memperlahangkan kadar pemanasan pada hari ini.”

Climate Trace

<https://climatetrace.org/>

Perkongsian ini menyediakan data terbuka yang disediakan secara percuma tentang pelepasan yang diketahui dan dianggarkan, termasuk gas metana. Ia memberikan bidang kuasa gambaran segera tetapi umum tentang profil pelepasan gas metana mereka.

NASA EMIT

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

NASA menandakan gumpalan gas metana utama dengan liputan global yang terhad menggunakan instrumen yang dilekatkan pada Stesen Angkasa Antarabangsa. Alat ini boleh mengenal pasti beberapa gumpalan dalam bidang kuasa.

TROPOMI

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

TROPOMI ialah instrumen yang berada pada satelit Copernicus Sentinel-5 Precursor, yang ditauliahkan oleh Agensi Angkasa Eropah. Instrumen ini menyediakan data tentang gas metana.

Lampiran: Tentang Gas Metana

Gas Metana (CH_4) ialah gas rumah hijau (GHG) tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar dengan sumber semula jadi dan juga antropogen. Sumber antropogen datang dari sektor pertanian, minyak dan gas, arang batu dan sisa. Dalam industri minyak dan gas, gas metana juga merupakan gas asli – gas asli yang sama digunakan dalam loji janakuasa, proses perindustrian, enjin pembakaran, aplikasi komersial, dan kegunaan pemanasan dan memasak di kediaman. Di samping itu, gas metana ialah stok suapan untuk pelbagai sumber kimia dan unsur (hidrogen). Sebagai gas asli, metana merupakan molekul yang membentuk Gas Asli Mampat (CNG), sejenis bahan api alternatif untuk kenderaan. Gas metana juga membentuk Gas Asli Cecair (LNG), salah satu anjakan tenaga yang hebat dalam setengah abad yang lalu.

Sumber Gas Metana

Anggaran 60 peratus daripada pelepasan gas metana global dihasilkan oleh aktiviti manusia (antropogen). Selebihnya datang daripada sumber semula jadi, termasuk tanah lembap, air tawar, resapan geologi, haiwan liar, anai-anai, kebakaran hutan, permafrost dan tumbuh-tumbuhan.¹³¹

Pertanian

Pertanian ialah sumber tunggal terbesar pelepasan gas metana yang disebabkan oleh manusia. Pengurangan pelepasan oleh sektor ini memberi peluang untuk memperlakhankan kadar pemanasan global jangka pendek. Gas metana pertanian dibebaskan melalui penyimpanan tenaga organik dalam keadaan oksigen rendah. Ini termasuk sawah padi, sistem pencernaan haiwan ruminan, dan di sesetengah negara, dari kolam baja di ladang-ladang penternakan lembu yang besar.

Teknik pengurangan gas metana pertanian boleh mengawal pelepasan sambil meningkatkan penjanaan produk, dan selalunya meningkatkan keuntungan ladang ternakan dan tanaman.¹³² Bagi lembu, penyelesaian gas metana termasuk penambahbaikan pemakanan haiwan, amalan pembiakan yang lebih baik, bahan tambahan makanan melawan gas metana, cara penyimpanan baja yang lebih baik dan penangkapan gas metana dari baja. Strategi untuk tanaman padi mungkin terdiri daripada kultivar padi yang berbeza dan mengeluarkan air dari sawah padi.

Tenaga

Sektor tenaga (minyak, gas, arang batu dan biotenaga) menyumbang ~33 peratus daripada pelepasan gas metana antropogen. Buku panduan ini membincangkan sumber pelepasan gas metana dan pilihan pengurangan untuk sumber minyak dan gas secara terperinci.¹³³

Sisa

Sektor sisa menjadi sumber ketiga terbesar bagi gas metana antropogen dengan menyumbang kira-kira 20 peratus daripada jumlah keseluruhan. Pelepasan gas metana dari sisa terhasil daripada pereputan organik dalam keadaan tanpa oksigen, termasuk di tapak pelupusan sampah, kemudahan air sisa, sistem septik dan tandas. Teknik pengurangan gas metana sektor sisa boleh mengawal pelepasan dan, dalam beberapa kes, mengubah hala tenaga ini untuk kegunaan produktif, termasuk menghasilkan produk dan bahan api. Menurut Penilaian Gas Metana Global, kira-kira 60 peratus daripada penyelesaian gas metana sisa mempunyai kos negatif atau tanpa kos.

Oleh kerana sistem pembuangan sampah dan air sisa kebiasaannya diuruskan di peringkat subnasional, gas metana

sektor sisa memberikan peluang kepada bandar, majlis perbandaran, negeri dan wilayah untuk menjadi peneraju. Walaupun penyelidikan dalam bidang ini masih dijalankan, banyak strategi gas metana sisa yang mantap boleh digunakan hari ini dengan membawa kesan yang ketara. Ini termasuk program pencegahan dan pengkomposan sisa, penutup tapak pelupusan dan sistem penangkapan gas serta sistem sanitasi air sisa yang lebih baik.

Buku panduan ini hanya menangani pelepasan gas metana daripada sektor minyak dan gas tetapi boleh membantu memaklumkan strategi yang lebih meluas yang tertumpu pada pelbagai sumber pelepasan gas metana.

Akronim

AVO	Audio, Visual, and Olfactory (Audio, Visual dan Olfaktori)
CATF	Clean Air Task Force (Pasukan Petugas Udara Bersih)
CCAC	Climate and Clean Air Coalition (Gabungan Iklim dan Udara Bersih)
CCUS	Carbon Capture, Use, and Storage (Penangkapan, Penggunaan dan Penyimpanan Karbon)
CDM	Clean Development Mechanism (Mekanisme Pembangunan Bersih)
CoMAT	Country Methane Abatement Tool (Alat Pengurangan Gas Metana Negara)
DFI	Development Finance Institution (Institusi Kewangan Pembangunan)
EDF	Environmental Defense Fund (Dana Pertahanan Alam Sekitar)
EPA	Environmental Protection Agency (U.S.) (Agensi Perlindungan Alam Sekitar A.S.)
ESG	Environmental, Social, and Governance (Alam Sekitar, Sosial dan Tadbir Urus)
GGFR	Global Gas Flaring Reduction Partnership (Perkongsian Pengurangan Penyalaan Gas Global)
GHG	Greenhouse Gas (Gas Rumah Hijau)
GMP	Global Methane Pledge (Ikrar Gas Metana Global)
GWP	Global Warming Potential (Potensi Pemanasan Global)
IMEO	International Methane Emissions Observatory (Balai Cerap Pelepasan Gas Metana Antarabangsa)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Perubahan Iklim Antara Kerajaan)
IRR	Internal Rate of Return (Kadar Pulangan Dalaman)

LDAR	Leak Detection and Repair (Mengesan dan Membaki Kebocoran)
LNG	Liquefied Natural Gas (Gas Asli Cecair)
NOC	National Oil Company (Syarikat Minyak Negara)
MACC	Marginal Abatement Cost Curve (Keluk Kos Pengurangan Marginal)
MARS	Methane Alert and Response System (Sistem Makluman dan Tindak Balas Metana)
MDB	Multilateral Development Bank (Bank Pembangunan Berbilang Pihak)
M-RAP	Methane Roadmap Action Program (Program Tindakan Hala Tuju Gas Metana)
MRV	Monitoring, Reporting, and Verification (Pengawasan, Pelaporan dan Pengesahan)
NPV	Net Present Value (Nilai Kini Bersih)
OGCI	Oil and Gas Climate Initiative (Inisiatif Iklim Minyak dan Gas)
OGI	Optical Gas Imaging (Pengimejan Gas Optik)
OGMP	Oil and Gas Methane Partnership (Perkongsian Metana Minyak dan Gas)
SCALE	Subnational Climate Action Leaders Exchange (Pertukaran Pemimpin Tindakan Iklim Subnasional)
TPY	Tons Per Year (Tan Setahun)
VOC	Volatile Organic Compound (Sebatian Organik Meruap)
UNEP	United Nations Environmental Program (Program Alam Sekitar Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Konvensyen Rangka Kerja Perubahan Iklim Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu)

Nota

Bab 1

1. "Manfaat pelepasan iklim mungkin berada di bawah 0.2% apabila pelepasan bersama aerosol daripada pembakaran arang batu diambil kira." memetik Gordon D., Reuland F., Jacob D. J., Worden J. R., Shindell D., & Dyson M. (2023) *Menilai keamatan pelepasan gas rumah hijau kitaran hayat bersih daripada gas dan arang batu pada kadar kebocoran gasmetana yang berbeza-beza*, Environ. Res. Lett. 18(8): 084008, <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ace3db>

2. Alvarez R. A. et al. 2018: Penilaian pelepasan gas metana daripada rantaian bekalan minyak dan gas A.S., Science 361(6398): 186–88, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar7204>

Howarth R. W. 2014: Jambatan tanpa penghujung: pelepasan gas metana dan jejak tapak gas rumah hijau bagi gas asli, 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: Kadar Pelepasan Fugitif Gas Asli Disekat Oleh Gas Metana dan Etana Atmosfera Global, Environ. Sci. Technol. 48(14): 7714–22, <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501204c>

3. Nilai daripada Penilaian Kelima Panel Perubahan Iklim Antara Kerajaan. Nilai Penilaian Keenam adalah 81.2 dan 27.9 masing-masing untuk 20 tahun dan 100 tahun.

4. Program Alam Sekitar Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (UNEP) dan Gabungan Iklim dan Udara Bersih (CCAC), enilaian Gas Metana Global 2022: Penilaian Gas Metana Global: Laporan Garis Dasar 2030: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-2030-baseline-report>

5. Program Alam Sekitar Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (UNEP) 2022: Penilaian Global: Langkah segera perlu diambil untuk mengurangkan pelepasan gas metana dalam dekad ini, <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/global-assessment-urgent-steps-must-be-taken-reduce-methane>

6. IPCC AR6 WGI Ringkasan Kenyataan Utama Pembuat Dasar, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/spm-headline-statements/>

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

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

9. Lihat Deklarasi Bersama daripada Pengimport dan Pengeksport Tenaga mengenai Mengurangkan Pelepasan Gas Rumah Hijau daripada Bahan Api Fosil, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/>; Mesej Rasmi para Menteri Iklim, Tenaga dan Alam Sekitar G7, /energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf; (perenggan 61), <https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf>; lihat juga Deklarasi Glasgow Bersama A.S.-China tentang Meningkatkan Tindakan Iklim pada 2020-an, <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>

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

11. Dana Pertahanan Alam Sekitar 2022: Bagaimana mengurangkan pelepasan gas metana mewujudkan pekerjaan, <https://www.edf.org/how-reducing-methane-emissions-creates-jobs>

12. Mark Davis, James Turrito, Ioannis Binietoglou 2022: Kepimpinan penyalaan di Mesir: Kejayaan terbaru dan peluang akan datang 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. Kerajaan Ghana 2018: Pelan Tindakan Negara untuk Mengurangkan Bahan Cemar Iklim Hayat Pendek, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/national-action-plan-mitigate-short-lived-climate-pollutants-ghana>

14. Pejabat Rumah Putih bagi Dasar Iklim Domestik 2021: Pelan Tindakan Pengurangan Pelepasan Gas Metana A.S. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf>

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

16. Kerajaan Kanada 2022: Lebih Pantas dan Lebih Jauh: Strategi Gas Metana Kanada, <https://publications.gc.ca/site/eng/9.915545/publication.html>

17. Jabatan Negara A.S. 2022: Ikrar Gas Metana Global: Dari Saat ke Momentum, <https://www.state.gov/global-methane-pledge-from-moment-to-momentum/>
-
18. Gabungan Iklim dan Udara Bersih (CCAC) 2022: Program Tindakan Hala Tuju Gas Metana (M-RAP), <https://www.ccacoalition.org/en/activity/methane-roadmap-action-programme-m-rap>
-
19. IEA 2021: Mengurangkan Kebocoran Gas Metana daripada Industri Minyak dan Gas: Hala Tuju dan Kit Alat Kawal Selia, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
20. IEA 2021: Mengurangkan Kebocoran Gas Metana daripada Industri Minyak dan Gas: Hala Tuju dan Kit Alat Kawal Selia, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
21. Agensi Tenaga Antarabangsa 2023: Penjejak Gas Metana Global 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
-
22. Pasukan Petugas Udara Bersih 2023: Alat Pengurangan Gas Metana Negara, <https://www.catf.us/comat/>
-
23. Had Karbon, MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
-
24. Nilai daripada Penilaian Kelima Panel Perubahan Iklim Antara Kerajaan. Nilai Penilaian Keenam adalah 81.2 dan 27.9 masing-masing untuk 20 tahun dan 100 tahun.

25. Lihat perenggan 37 Lampiran Keputusan 18/CMA.1: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf
-

Bab 3

26. Agensi Tenaga Antarabangsa 2021: Mengurangkan Kebocoran Gas Metana daripada Industri Minyak dan Gas: Hala Tuju dan Kit Alat Kawal Selia, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
27. Hala Tuju dan Kit Alat Kawal Selia IEA.
-
28. Agensi Tenaga Antarabangsa 2022: Perintah Kementerian No 04/2013 – Peraturan Operasi Petroleum, <https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country%3DEquatorial%2520Guinea%26qs%3Dequatorial%26topic%3DMethane>
-
29. Agensi Tenaga Antarabangsa 2022: (Alberta) Arahan AER 060: *Penyalaan, Pembakaran dan Pelepasan Gas Industri Petroleum Huluan* (peruntukan huluan,<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. Agensi Tenaga Antarabangsa 2022: Resolusi No 806 daripada 2020 dari ANP, <https://www.iea.org/policies/11752-resolution-no-806-of-2020-from-anp?country%3DBrazil%26topic%3DMethane>

-
31. Agensi Tenaga Antarabangsa 2022: (Saskatchewan) Arahan PNG017: Keperluan Pengukuran untuk Operasi Minyak dan Gas, <https://www.iea.org/policies/8900-saskatchewan-directive-png017-measurement-requirements-for-oil-and-gas-operations?country%3DCanada%26topic%3DMethane>
-
32. Agensi Tenaga Antarabangsa 2022: Dekri No. 84-CP 1996, memperincikan pelaksanaan Undang-undang Petroleum, <https://www.iea.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 "Ketahui Minyak dan Gas Anda" RMI (<https://rmi.org/insight/kyog/>) mempunyai syor tambahan secara terperinci.
-
34. Perkongsian Alam Sekitar 2020: Naik Taraf Pengawal Pneumatik, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
-
35. Prinsip Bimbingan Gas Metana 2022: Mengurangkan pelepasan gas metana: peranti pneumatik, <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/pneumatic-devices/>
-
36. Bintang Gas Asli 2006: Tukar Kawalan Pneumatik Gas kepada Udara Instrumen, https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/l1_instrument_air.pdf

37. Perkongsian Alam Sekitar 2020: Pengeluaran Cecair secara Manual, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/manual-liquids-removal/>
-
38. ExxonMobil 2020: Mengurangkan Pelepasan Gas Metana daripada Sektor Minyak dan Gas: Model Rangka Kerja Kawal Selia, <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. Perkongsian Alam Sekitar 2020: Naik Taraf Pengawal Pneumatik, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
-
40. Prinsip Bimbingan Gas Metana 2022: Mengurangkan pelepasan gas metana: peranti pneumatik.
-
41. Bintang Gas Asli 2006: Tukar Kawalan Pneumatik Gas kepada Udara Instrumen, https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/l1_instrument_air.pdf
-
42. ExxonMobil 2020: Mengurangkan Pelepasan Gas Metana daripada Sektor Minyak dan Gas: Model Rangka Kerja Kawal Selia, <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. Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat (EPA) 2022: Program BINTANG Gas Asli Cabaran Metana Amalan Pengurusan Terbaik (BMP), Pilihan Komitmen, <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-challenge-background-best-management-practices-bmp-commitment>
-
44. Deanna Haines 2016: Perbandingan Kajian Kes terhadap laporan MJB&A ‘Pilihan Pelepasan & Pengurangan Tiup Turun Saluran Paip’, <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/case-study-comparisons-against-mjba-report-pipeline-blowdown-emissions>
-
45. Menetapkan semula atau memintas tekanan buat sementara waktu sebelum penyelenggaraan, atau memasang sambungan sementara antara sistem tekanan tinggi dan rendah; pemasangan semasa aktif untuk membuat sambungan saluran paip baharu sementara saluran paip kekal dalam penggunaan untuk mengelakkan tiup turun
-

Bab 5

46. <https://miq.org/>
-
47. Kanada, Peraturan Menghormati Pengurangan dalam Pelepasan Gas Metana dan Sebatian Organik Meruap Tertentu (Sektor Minyak dan Gas Hulu), SOR/2018-66, <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-66/index.html>
-
48. Id. di Seksyen 20(1).
-
49. Id. di Seksyen 30(2).

50. Id. di Seksyen 29(1)(b).

51. Id. di Seksyen 35(1).

52. Id. di Seksyen 33.

53. Id. di Seksyen 36(1) dan (2).

54. Id. di Seksyen 56(1)-(5).

55. Id. di Seksyen 56(6).

Bab 6

56. Lihat, sebagai contoh, Bank Dunia: Perkongsian Pengurangan Penyalaan Gas Global (GGFR) <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/about> (terakhir dilawati 5 Mei 2023)
-
57. Bank Dunia: Inisiatif Penyalaan Rutin Sifar (ZRF) menjelang tahun 2030, <https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030/about> (terakhir dilawati 5 Mei 2023)
-
58. Piawaian industri menganggap bahawa penyalaan beroperasi pada kecekapan pemusnahan 98 peratus. Institut Petroleum Amerika 2021: Kompendium Kaedah Pelepasan GHG untuk Industri Minyak dan Gas, hlm. 5-4 <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>

59. Peraturan Nigeria juga menggabungkan pemeriksaan nyalaan api sebagai sebahagian daripada keperluan LDAR:
iii. Pemeriksaan hendaklah termasuk pemerhatian cerobong penyalaan. Notasi pada keadaan cerobong penyalaan:
a. Penyalaan Dinyalakan – pembakaran mencukupi
b. Dinyalakan – pembakaran lemah (percikan, berasap, dsb.)
c. Penyalaan tidak dinyalakan dengan pelepasan gas
d. Penyalaan tidak dinyalakan tanpa pelepasan gas
-
60. Jabatan Tenaga 2021: Mengurangkan Pelepasan Gas Metana Setiap Hari dalam Tahun, <https://arpa-e.energy.gov/>
-
61. Bank Dunia 2023: Laporan penjejak penyalaan gas global, <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/publication/2023-global-gas-flaring-tracker-report>
-
62. Penjejak Penyalaan 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, lihat juga Bank Dunia, Peraturan Penyalaan dan Pelepasan Gas Global: Colombia, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/colombia>
-
64. Id. di Perkara 18.
-
65. Id. di Perkara 22.

66. Id. di Perkara 24.
-
67. Penjejak Penyalaan Gas Global Bank Dunia. <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>
-
68. Kazakhstan, Undang-undang subtanah dan kegunaan subtanah, Perkara 146, <https://adilet.zan.kz/eng/docs/K1700000125> (terjemahan bahasa Inggeris tidak rasmi); lihat juga Bank Dunia, Peraturan Penyalaan dan Pelepasan Gas Global: Kazakhstan, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/kazakhstan>
-
69. Id. di Perkara 147(9).
-
70. Id. di Perkara 147.
-
71. Id. di Perkara 147(4).
-

Bab 7

72. Nigeria, Garis Panduan untuk Pengurusan Pelepasan Fugitif dan Pelepasan Gas Rumah Hijau dalam Operasi Minyak dan Gas Huluan di Nigeria, Bimbingan NUPRC 0024-2022, <https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2022/11/METHANE-GUIDELINES-FINAL-NOVEMBER-10-2022.pdf>
-
73. Id. di Seksyen 3.4.6 (1).
-
74. Id. di Seksyen 3.4.6 (1).

75. Id. di Seksyen 3.4.6 (1).

76. Id. di Seksyen 3.4.6 (1).

77. Id. di Seksyen 3.4.6 (1).

78. Id. di Seksyen 3.4.6 (2).

79. Id. di Seksyen 3.4.1 (1).

80. Id. di Seksyen 3.4.1 (1)(ii).

81. Id. di Seksyen 3.4.1 (2).

Bab 8

82. Kang et al. (2021): Rangsangan telaga minyak dan gas terbiar
– Memaksimumkan manfaat ekonomi dan alam sekitar,
[https://online.ucpress.edu/elementa/article/9/1/00161/116782/
Orphaned-oil-and-gas-well-stimulus-Maximizing](https://online.ucpress.edu/elementa/article/9/1/00161/116782/Orphaned-oil-and-gas-well-stimulus-Maximizing)

83. Lihat, eth. Undang-undang Infrastruktur Bipartisan A.S.

84. Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat 2022:
“Maklumat Tahap Kemudahan EPA tentang alat gas Rumah
Hijau”, <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do>

85. Pihak Berkuasa Peralihan Laut Utara 2021: Intensiti Pelepasan Luar Pesisir UKCS, <https://app.powerbi.com/view?r%3DeyJrIjoiMWEwNTQ3ZW MtZjZiMC0ONDriLTg4MzAtN2M5N2I5MjhLMTYxIiwidCI6ImU2ODFjNTlkLTg2OGUtNDg4Ny04MGZhLWNlMzZmMWYyMWIwZiJ9>
-
86. Gabungan Iklim dan Udara Bersih 2023: Bantuan Teknikal Gas Metana, <https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>
-
87. Pasukan Petugas Udara Bersih 2023: CoMAT – Alat Pengurangan Gas Metana Negara, <https://www.catf.us/comat/>
-
88. Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat 2023: Program Pelaporan Gas Rumah Hijau (GHGRP), <https://www.epa.gov/ghgreporting>
-
89. Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat 2023: Arahan Borang Pelaporan, <https://ccdsupport.com/confluence/display/help/Reporting+Form+Instructions>
-
90. Perkongsian Metana Minyak dan Gas 2.0 (OGMP 2.0) 2023: Dokumen dan Templat Bimbingan, <https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>
-
91. Ibid.
-
92. Had Karbon 2023: MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>

93. Institut Petroleum Amerika 2021: Kompendium Kaedah Pelepasan GHG untuk Industri Minyak dan Gas, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
-

Bab 9

94. Berdasarkan Lembaga Sumber Udara California 2023: Penyelidikan Titik Panas Gas Metana (AB 1496), <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/methane/ab1496-research>
-
95. Penemuan Penting Penilaian GTI Kaedah Pengesanan Gas Metana Baru Muncul 2021, https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf
-
96. Daerah Pengurusan Kualiti Udara Pantai Selatan 2023: Tinjauan Pengukuran Gas Metana Mudah Alih, <https://www.aqmd.gov/home/news-events/community-investigations/aliso-canyon-update/air-sampling/mobile-methane-measurement-surveys>
-
97. Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat 2018: Buka Panduan EPA: Penderiaan Optik dan Jarak Jauh untuk Pengukuran dan Pengawasan Pelepasan Fluks Gas dan Zarrah, <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 Syarikat – H.R.5376 – Akta Pengurangan Inflasi tahun 2022, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>
-
100. Direktorat Petroleum Norway – Akta 21 – Disember 1990 no 72 berkaitan cukai ke atas pelepasan CO₂ dalam aktiviti petroleum di pelantar benua <https://www.npd.no/en/regulations/acts/co2-discharge-tax/>
-
101. Jabatan Perlindungan Slam Sekitar Massachusetts 2021: Mengurangkan Pelepasan Gas Metana (CH₄) daripada Sesalur Utama & Perkhidmatan Pengagihan Gas Asli (310 CMR 7.73), <https://www.mass.gov/service-details/reducing-methane-ch4-emissions-from-natural-gas-distribution-mains-services-310-cmr-773>
-
102. Ulasan diserahkan dalam EPA Docket ID No EPA-HQ-OAR-2021-0317. Kod Peraturan Colorado 5 CCR 1001-9 Peraturan Nombor 7 Kawalan Ozon melalui Pelopor Ozon dan Kawalan Hidrokarbon melalui Pelepasan Minyak dan Gas dengan merujuk kepada mewujudkan inventori pelepasan untuk akhirnya menyokong sasaran intensiti.
-
103. Inisiatif Metana Global; Pengukuran, Pelaporan dan Pengesahan Gas Metana. Terdapat di: <https://globalmethane.org/mrv/>
-
104. Lihat, sebagai contoh, Colorado State University 2021: Kelas Latihan OGI, <https://energy.colostate.edu/metec/ogi-training-class/>
-
105. Mozhou Gao, et al. 2023: Liputan pemerhatian global sumber metana minyak dan gas dengan TROPOMI, <https://www.researchsquare.com/article/rs-2681923/v1>

-
106. Tenaga GTI 2021: Penilaian Kertas Putih Kaedah Pengesanan Gas Metana Baru Muncul, https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf
-
107. Inisiatif Iklim Minyak dan Gas 2020: Menggunakan teknologi pengesanan dan kuantifikasi gas metana secara berkesan, <https://www.ogci.com/news/deploying-methane-detection-and-quantification-technologies-effectively>
-
108. Chevron 2022: Laporan Metana, hlm.9, <https://www.chevron.com/-/media/shared-media/documents/chevron-methane-report.pdf>
-

Bab 10

-
109. Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat 2023: Dasar Audit EPA, <https://www.epa.gov/compliance/epas-audit-policy>
-
110. IEA 2021: Mengurangkan Kebocoran Gas Metana daripada Industri Minyak dan Gas, hlm. 58, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
111. Dana Pertahanan Alam Sekitar 2019: Laluan untuk Pematuhan Alternatif: Rangka Kerja untuk Memajukan Inovasi, Perlindungan Alam Sekitar dan Kemakmuran, https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport_0.pdf

Bab 11

-
- 112. CPI 2022: Landskap Kewangan Pengurangan Gas Metana, <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/07/Landscape-of-Methane-Abatement-Finance.pdf>
 - 113. IEA 2022: Penjejak Gas Metana Global 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/estimating-methane-emissions>
 - 114. CPI 2022: Landskap Kewangan Pengurangan Gas Metana.
 - 115. IEA 2022: Penjejak Gas Metana Global 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022>
 - 116. IEA 2023: Pelepasan gas metana kekal tinggi pada tahun 2022 walaupun harga tenaga yang melambung tinggi menjadikan tindakan untuk mengurangkannya lebih murah berbanding sebelum ini, <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 April 17, 2020: \$1.7B untuk membersihkan telaga terbiar dan ditinggalkan boleh mewujudkan beribu-ribu peluang pekerjaan, <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/federal-oil-and-gas-orphan-wells-program-1.5535943>
 - 118. Jabatan Perbendaharaan A.S.: Bimbingan Tenaga Bahan Api Fosil untuk Bank Pembangunan Berbilang Pihak (MDB), <https://home.treasury.gov/system/files/136/Fossil-Fuel-Energy-Guidance-for-the-Multilateral-Development-Banks.pdf>

119. Jabatan Negara Amerika Syarikat 2022: Pengisytiharan Bersama daripada Pengimport dan Pengeksport Tenaga bagi Mengurangkan Pelepasan Gas Rumah Hijau daripada Bahan Api Fosil, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/>
-
120. Jika pasaran karbon sukarela beroperasi dalam persekitaran di mana peraturan berkuat kuasa, kriteria tambahan mesti dinyatakan. Jika peraturan memerlukan pengurangan, maka pengurangan pelepasan tersebut tidak akan dianggap sebagai “tambahan” dan tidak layak untuk mengimbangi dalam pasaran karbon.
-
121. IEA 2020: Penjejak Gas Metana Global 2020, <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/methane-abatement-options>
-
122. Bank Dunia 2022: Penyelesaian Kewangan untuk Mengurangkan Penyalaan Gas Asli dan Pelepasan Gas Metana, <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/27e9b31f-c8bf-5fa4-aeechap3-3576d60e1a48/content>
-
123. Bank Dunia 2022: Penyelesaian Kewangan untuk Mengurangkan Penyalaan Gas Asli dan Pelepasan Gas Metana, <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>
-
124. Ecofys 2004: Bimbingan Pengenalan Projek Mekanisme Pembangunan Bersih di Negara Peralihan Awal, hlm.3, <https://www.oecd.org/enu/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. Kumpulan Iklim: Lebih Jauh, Lebih Pantas, Bersama-sama: Tindakan Pemimpin Under2 di COP26, <https://www.theclimategroup.org/further-faster-together-under2-leaders-actions-cop26>, (terakhir dilawati 5 Mei 2023)
-
127. Jabatan Negara A.S. 2022: Jabatan Negara A.S. dan Bloomberg Philanthropies Mengumumkan Sokongan untuk Pertukaran Pemimpin Tindakan 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 Mensasarkan Inisiatif Sifar Pelepasan Gas Metana, <https://aimingforzero.ogci.com/>
-
129. Gabungan CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/activity/reducing-methane-emissions-mexico's-oil-and-gas-sector>
-
130. Gabungan CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/news/harnessing-law-slash-methane-emissions-oil-and-gas-industry-0>

Lampiran

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

 - 132. Rangka kerja ini tidak menangani isu bekalan daging atau mengurangkan permintaan, yang mungkin merupakan komponen utama strategi pengurangan pelepasan jangka panjang. Pembuat dasar menyusun strategi menurut rangka kerja ini perlu berhati-hati untuk mengelakkan penghasilan insentif songsang atau mengunci program yang boleh menghalang usaha masa depan.

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

Kolofon

Buku ini dilesenkan untuk penggunaan di bawah Lesen Antarabangsa Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY NC SA).

Buku ini ditulis menggunakan kaedah Book Sprints (www.booksprints.net) pada bulan Mei 2023.

Pengarang: 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

Penyunting salinan: Raewyn Whyte, Christine Davis

Pereka buku HTML: Manuel Vazquez

Ilustrator dan pereka muka depan: Lennart Wolfert, Henrik van Leeuwen

Foto muka depan: Tangkapan skrin kertas sebaran daripada rakaman video termografi yang dirakam dengan kamera inframerah dan disediakan kepada Reuters 10 Jun 2021 oleh Pasukan Petugas Udara Bersih (CATF)

Fon: Inria oleh The Black[Foundry], Techna oleh Carl Enlund, Faune oleh Alice Savoie

Dokumen ini perlu dipetik sebagai: Pengurangan Pelepasan Gas Metana untuk Minyak & Gas: Buku Panduan untuk Pembuat Dasar (2023)



Dibiayai oleh:

Bureau of Energy Resources

U.S. DEPARTMENT *of* STATE

Dibangunkan oleh:



CLDP
COMMERCIAL LAW DEVELOPMENT PROGRAM

Penyumbang Institusi:

lea

**CA
TF**
CLEAN AIR
TASK FORCE

**Berkeley
Law**

Center for Law, Energy,
& the Environment



The Commonwealth