

POTENSI MITIGASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI KEGIATAN EKSPLORASI DAN PRODUKSI MINYAK DAN GAS BUMI DI PT. XYZ

Agung Ghani Kramawijaya¹ dan Kania Dewi²

Program Studi Teknik Lingkungan

President University

Jl. Kihajar Dewantara

¹agung.ghani@yahoo.com, ²kanci_dewi@yahoo.com

Abstrak:- Kegiatan eksplorasi dan produksi di industri minyak dan gas merupakan sumber emisi gas rumah kaca (GRK) yang cukup signifikan. PT. XYZ merupakan salah satu industri minyak dan gas bumi sektor hulu di Indonesia dan memiliki potensi minyak dan gas bumi yang besar dengan cadangan yang masih belum dikelola. Oleh karena itu, potensi emisi GRK dari kegiatan eksplorasi dan produksi di PT. XYZ sangat besar. Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi potensi penurunan emisi GRK di PT. XYZ dari berbagai aktivitas. Inventarisasi emisi adalah langkah pertama yang dilakukan untuk menghitung jumlah GRK yang dilepaskan ke atmosfer. Metode perhitungan menggunakan metode yang dikembangkan oleh American Petroleum Institute (API, 2009). Metode ini membagi sumber emisi menjadi sumber pembakaran, sumber vented, sumber fugitive, dan sumber tidak langsung. Penelitian ini mempertimbangkan tiga jenis alternatif mitigasi, yaitu alternatif teknis (skenario 1), alternatif tingkah laku (skenario 2), dan alternatif kebijakan pemerintah (skenario 3). Berdasarkan hasil inventarisasi, flare dan tangki penyimpanan minyak merupakan emisi GRK utama di PT. XYZ. Skenario 1 lebih mengutamakan pengendalian emisi GRK di flaring dan tangki penyimpanan sebagai sumber emisi utama. Sedangkan skenario yang lain lebih mengutamakan pada pengendalian emisi GRK dari sektor transportasi. Skenario 1 berpotensi menurunkan emisi sebesar 48,3 %. Sedangkan skenario 2 dan 3 berturut-turut berpotensi menurunkan emisi sebesar 0,15%, dan 0,52%. Berdasarkan perhitungan biaya mitigasi. Emisi dari flare dan tangki penyimpanan minyak dapat diturunkan melalui pemasangan unit flaring gas recovery dan vapor recovery. Keduanya efektif dan efisien dalam menurunkan emisi GRK di PT. XYZ. Selain itu juga, seluruh mitigasi terhadap sektor transportasi dapat memberikan keuntungan secara ekonomi meskipun jumlah GRK yang dapat diturunkan tidak signifikan

Kata Kunci: GRK, Mitigasi, Pengurangan Flare, Vapor Recovery Unit, Industri Minyak Hulu.

Abstract: The activity of exploration and production in oil and gas industry is significant greenhouse gas (GHG) emission source. PT. XYZ is one of upstream oil and gas industry in Indonesia and it have large crude oil and gas potential with it reserves that not manage yet. Therefore, GHG emission potential from the activity of exploration and production in PT. XYZ is very large. This study is done for estimate GHG emission reduction potential in PT. XYZ from various activities. Emission inventory is the first step to estimate GHG released to atmosphere. Method of estimation use the method developed by American Petroleum Institute (API). This study considers three types of mitigation measures options, including technical options (scenario 1), behavior option (scenario 2), and policy option (scenario 3). Based on emission inventory, flare and oil storage tank are primary source of GHG emissions in PT. XYZ. Scenario 1 prefers control of GHG emissions in flare and storage tank as primary emission source. While others scenario prefers to control GHG emission from transportation sector. Scenario 1 has potential to reduce emissions by 48.3 %. While scenario 2, and 3 in sequences have potential to reduce emissions by 0.15%, and 0.52%. Emissions flare and oil storage tank can be reduced through the installation of flaring gas recovery unit and vapor recovery unit. Both are effective and efficient in reducing GHG emissions in PT. XYZ. In addition, all mitigation measures of transportation sector provide benefits even though the amount of GHG that can be reduced is not significant.

Keywords: GHG, Mitigation Measures, Flare Reduction, Vapor Recovery Unit, Upstream Oil Industry

PENDAHULUAN

Pengesahan Kyoto Protocol pada tahun 2005 menjadi awal dari upaya dunia mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), nitro oksida (N₂O) merupakan gas rumah

kaca yang memberikan kontribusi sebesar 50, 18, dan 6 persen terhadap efek pemanasan global secara keseluruhan (UNFCCC, 2003). Indonesia merupakan negara yang memiliki cadangan minyak mentah yang besar dan tersebar di

berbagai daerah, salah satunya adalah PT. XYZ. Wilayah ini merupakan salah satu industri minyak dan gas bumi sektor hulu dan memiliki potensi minyak dan gas bumi yang besar dengan cadangan yang masih belum dikelola. Dampak positif berupa perkembangan ekonomi di PT. XYZ berbanding terbalik dengan dampak negatif yang ditimbulkan. Dampak tersebut adalah kemungkinan meningkatnya emisi GRK.

Demi mengatasi kemungkinan tersebut, pemerintah Indonesia mengeluarkan beberapa kebijakan terkait penurunan emisi GRK untuk memenuhi komitmen dalam menurunkan GRK. Kebijakan-kebijakan tersebut meliputi:

- Peraturan Presiden RI No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Berdasarkan regulasi tersebut, pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri dan 41% jika mendapat bantuan internasional pada tahun 2020. Kegiatan penurunan emisi GRK dilakukan terhadap 5 sektor, meliputi sektor pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, dan pengelolaan limbah
- Peraturan Presiden RI No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Berdasarkan regulasi tersebut, pemerintah Indonesia berupaya melakukan inventarisasi emisi skala nasional yang bertujuan untuk menyediakan informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota. Selain itu juga untuk menyediakan informasi pencapaian

penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

Saat ini, penelitian terhadap upaya penurunan emisi GRK di industri minyak dan gas bumi untuk berbagai sektor sangat berkembang. Beberapa penelitian telah dilakukan guna menganalisis potensi suatu teknologi untuk mengurangi emisi GRK. Namun, sebagian besar penelitian dilakukan di industri minyak dan gas bumi sektor pemurnian (*refinery*). Hal ini dikarenakan potensi penurunan emisi GRK di sektor industri pemurnian minyak dan gas lebih besar.

Namun, bukan berarti tidak ada penelitian terhadap industri minyak dan gas bumi sektor hulu. Penelitian mitigasi di sektor hulu banyak dikembangkan di Alberta, Kanada. Timilsina et al, 2006 melakukan penelitian mitigasi di industri minyak dan gas bumi sektor hulu, Alberta. Penelitian ini lebih fokus terhadap penilaian teknologi yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi GRK di sektor energi, flaring, dan emisi fugitive. Pengembangan lain dilakukan oleh Johnson dan Coderre, 2011 dan 2012 yang melakukan penelitian terhadap potensi penurunan emisi CO₂ melalui program mitigasi pengurangan flaring dan venting. Penelitian ini menganalisis secara ekonomi kemungkinan penerapan program mitigasi pengurangan *flaring* dan *venting* di Alberta.

Penelitian lain yang terkait dengan upaya mitigasi emisi GRK yaitu penelitian oleh Greene dan Schafer, 2003 yang menyatakan bahwa perilaku mengemudi dapat mempengaruhi nilai ekonomi bahan bakar kendaraan. Selain itu, penelitian Atabani et al, 2012 menyatakan bahwa peningkatan standar ekonomi bahan bakar optimum untuk menurunkan emisi GRK dari sektor transportasi adalah sebesar 15%. Namun, kedua penelitian ini masih

bersifat umum dan tidak dikhususkan pada sektor hulu industri minyak dan gas.

Oleh karena itu, perlu adanya penelitian untuk menentukan mitigasi terhadap emisi GRK dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak di PT. XYZ. Teknologi yang dapat diaplikasikan harus dianalisis secara teknis dan ekonomi untuk memastikan bahwa program mitigasi tersebut dapat diandalkan.

METODOLOGI

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan kajian terhadap program-program mitigasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang kemungkinan dapat diaplikasikan pada kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas PT. XYZ dengan melakukan analisis secara teknis, lingkungan dan ekonomi. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Deskripsi Kegiatan

Industri minyak dan gas di PT. XYZ terbagi menjadi 4 distrik, yaitu Distrik I, Distrik II, Distrik III, dan Distrik Gas, dengan beberapa fasilitas produksi di masing-masing distrik. Fasilitas-fasilitas produksi meliputi Stasiun Pengumpul (SP), Stasiun Pengumpul Gas, Stasiun Penyerahan Gas Stasiun Kompresi Gas (SKG), Pusat Pengumpul Produksi (PPP), Stasiun Pengukur Minyak (SPM) dan Stasiun Pengumpul Utama (SPU). Jumlah fasilitas yang terdapat di industri minyak dan gas PT. XYZ sebanyak 30 buah. Fasilitas-fasilitas tersebut tersebar di distrik-distrik meliputi:

- Distrik I terdiri dari 4 SKG dan 6 SP
- Distrik II terdiri dari 8 SP
- Distrik III terdiri dari 2 SPM, 1 SPU, 1 PPP, 1 SKG, dan 5 SP
- Distrik IV terdiri dari 1 SPG dan 1 Stasiun Penyerahan gas.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode survey lapangan, yaitu mengambil data dengan datang langsung ke lokasi penelitian, terutama kondisi eksisting semua fasilitas kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas. Sementara itu data sekunder dikumpulkan dari pihak penanggung jawab kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas di area PT. XYZ.

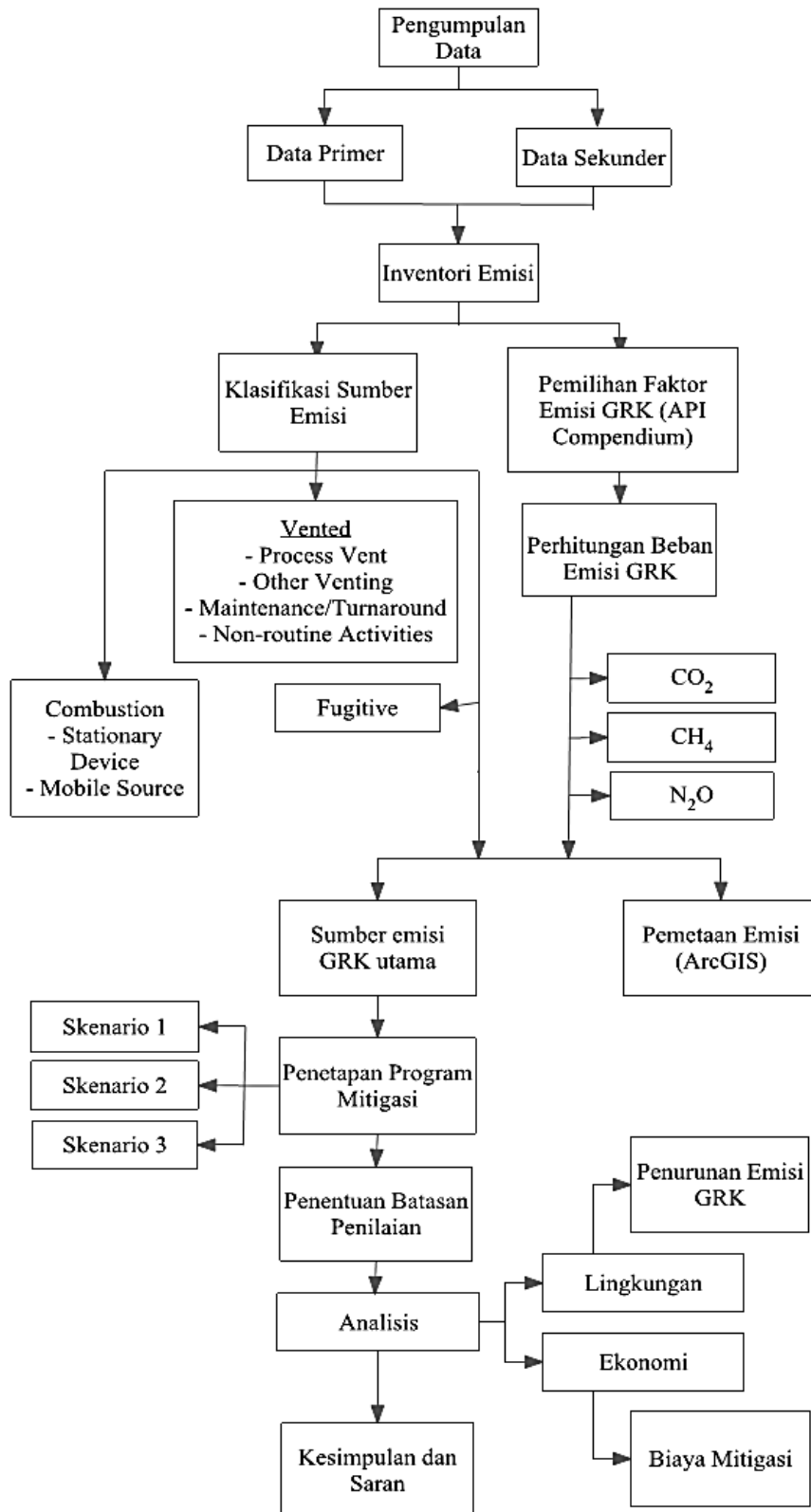
Inventori Emisi

Data-data yang sudah diperoleh akan digunakan dalam perhitungan beban emisi GRK, dimana nilai beban emisi akan dijadikan sebagai sumber informasi untuk menetapkan program mitigasi yang paling tepat diaplikasikan di lokasi penelitian.

Sumber-sumber emisi dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas di PT. XYZ akan dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok sumber emisi, yaitu sumber pembakaran, sumber vented, sumber fugitive, dan sumber tidak langsung (API, 2009). Perhitungan emisi menggunakan metode faktor emisi yang dinyatakan dalam **Persamaan 1**.

Penetapan Program Mitigasi

Pada tahap ini akan ditentukan program mitigasi untuk menurunkan emisi GRK yang ditentukan berdasarkan hasil inventori dan mungkin dapat diaplikasikan pada kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas di PT. XYZ. Pada tahap ini pula dilakukan identifikasi baseline skenario untuk masing-masing program mitigasi berdasarkan pertimbangan teknis dan panduan umum. Penelitian ini mempertimbangkan tiga jenis alternatif upaya penurunan emisi, yaitu alternatif teknis (skenario 1), alternatif tingkah laku (skenario 2), dan alternatif kebijakan pemerintah (skenario 3).



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Alternatif teknis lebih diimplementasikan untuk mengurangi emisi GRK dari sumber utama, yaitu flaring dan emisi metan dari tangki penyimpanan minyak, dan kegiatan pemeliharaan kendaraan. Sementara itu, alternatif tingkah laku dan kebijakan pemerintah lebih diimplementasikan untuk mengurangi emisi GRK dari sektor transportasi. Selain itu juga perlu menentukan kerangka waktu yang memungkinkan baseline skenario dapat diaplikasikan.

Penentuan *Assessment Boundary*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi sumber, *sink*, atau reservoir yang dikendalikan oleh, berhubungan, dan relevan terhadap skenario baseline. Penentuan batasan ini berfungsi untuk menjaga ruang lingkup ketika melakukan perhitungan penurunan emisi GRK.

Potensi Penurunan Emisi

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan potensi penurunan emisi dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas PT. XYZ.

Perhitungan potensi penurunan dilakukan terhadap masing-masing skenario yang ditetapkan berdasarkan hasil inventori emisi GRK. Penurunan emisi GRK dapat dicari dengan menggunakan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3**.

Biaya Mitigasi

Biaya mitigasi rata-rata mempertimbangkan investasi dan biaya mitigasi (termasuk biaya energi) dari masing-masing mitigasi. Biaya masing-masing alternatif mitigasi ditentukan dari biaya tambahan untuk mengimplementasikan mitigasi dibagi dengan penurunan emisi GRK tahunan (Borba et al, 2012). Perhitungan biaya mitigasi menggunakan **Persamaan 4**.

Biaya bersih tahunan (NAC) merepresentasikan selisih antara biaya investasi tahunan dengan keuangan tahunan yang dihasilkan dari implementasi alternatif mitigasi (Borba et al, 2012). Hasil keuangan ini diperoleh melalui pengurangan pendapatan terhadap pengeluaran operasional dan perawatan yang dinyatakan dalam **Persamaan 5**.

$$Emisi = \sum EF_{a,b,c} \times Activity_{a,b,c} \quad (\text{Persamaan 1})$$

Dimana:

- Emisi = Laju emisi polutan (ton/tahun)
- EF = Faktor emisi polutan (ton/aktivitas)
- Activity = Laju aktivitas (aktivitas/tahun)

$$\text{Penurunan Emisi} = \text{Emisi GRK}_{\text{Baseline}} - \text{GRK Emisi}_{\text{Program}} \quad (\text{Persamaan 2})$$

Dimana:

- Penurunan Emisi = Jumlah penurunan emisi GRK (ton CO₂e)
- Emisi GRK_{Baseline} = Jumlah emisi GRK tanpa program penurunan emisi (ton CO₂e)
- GRK Emisi_{Program} = Jumlah emisi GRK dengan program penurunan emisi (ton CO₂e)

$$\text{Emisi GRK} = \text{CMB} + \text{VENT} + \text{FUG} + \text{IND}$$

(Persamaan 3)

Dimana:

- CMB = Emisi pembakaran (ton CO₂e)
 VENT = Emisi vented (ton CO₂e)
 FUG = Emisi fugitive (ton CO₂e), dan
 IND = Emisi tidak langsung (ton CO₂e)

$$AAC = \sum_t \frac{NAC^{program} - NAC^{baseline}}{AE^{baseline} - AE^{program}}$$

(Persamaan 4)

dimana

- AAC = Biaya mitigasi rata-rata untuk menurunkan satu ton CO₂e dari masing-masing alternatif mitigasi di tahun t
 NAC = Biaya bersih tahunan untuk mengimplementasikan alternatif mitigasi
 AE = Emisi GRK tahunan pada masing-masing skenario

$$NAC = \frac{INV.r \cdot ((1+r)^T / (1+r)^T - 1) + OM + FUEL - REV}{(1+r)^{(n-2012)}}$$

(Persamaan 5)

dimana

- REV = Pendapatan
 OM = Biaya operasional dan perawatan
 FUEL = Biaya bahan bakar
 r = *Discount rate*
 T = Umur efektif proyek
 n = tahun analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi GRK di PT. XYZ

GRK dihitung sebagai karbon dioksida ekuivalen (CO₂e), dimana senyawa yang dilepaskan ke atmosfer dikonversi menjadi nilai CO₂e dengan menggunakan faktor yang spesifik terhadap senyawa tersebut (Beaubien, 2009). Berdasarkan rekomendasi IPCC (IPCC Guidelines 2016), GWP metan dan nitrogen oksida adalah 21 dan 310. Nilai CO₂e diperoleh dengan mengalikan emisi GRK non-karbon dioksida dengan nilai GWP tersebut. Hasil perhitungan akan dijumlahkan dengan beban emisi karbon dioksida sehingga diperoleh nilai CO₂e total. Nilai CO₂e ini merepresentasikan total GRK yang diemisikan dari seluruh sumber dan dapat digunakan untuk

membandingkan kontribusi emisi GRK dari masing-masing sumber.

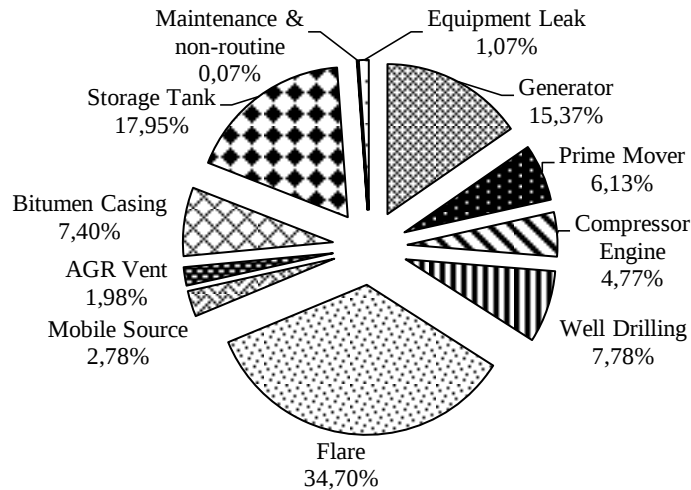
Rekapitulasi Emisi GRK DI PT. XYZ

Sumber combustion paling banyak mengemisikan GRK sebesar 72% dari total emisi GRK di PT. XYZ. Sedangkan sumber vented 27% dan fugitive mengemisikan 1% dari total emisi GRK di PT. XYZ. Kontribusi masing-masing sumber emisi dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Sumber Emisi Utama GRK

Berdasarkan **Gambar 2**, diketahui bahwa flare, tangki penyimpanan (storage tank), dan generator mengemisikan GRK paling banyak dibandingkan sumber yang lain, yaitu mencapai 34,70%, 17,95%, dan 15,42% dari total emisi GRK yang diemisikan dari aktivitas eksplorasi dan

produksi minyak dan gas bumi di PT. XYZ.



Gambar 2. Kontribusi Masing-Masing Sumber Emisi di PT. XYZ

Alternatif Mitigasi di PT. XYZ.

Penelitian ini mempertimbangkan tiga jenis alternatif mitigasi di PT. XYZ, yaitu alternatif teknis (skenario 1), alternatif tingkah laku (skenario 2), dan alternatif kebijakan pemerintah (skenario 3).

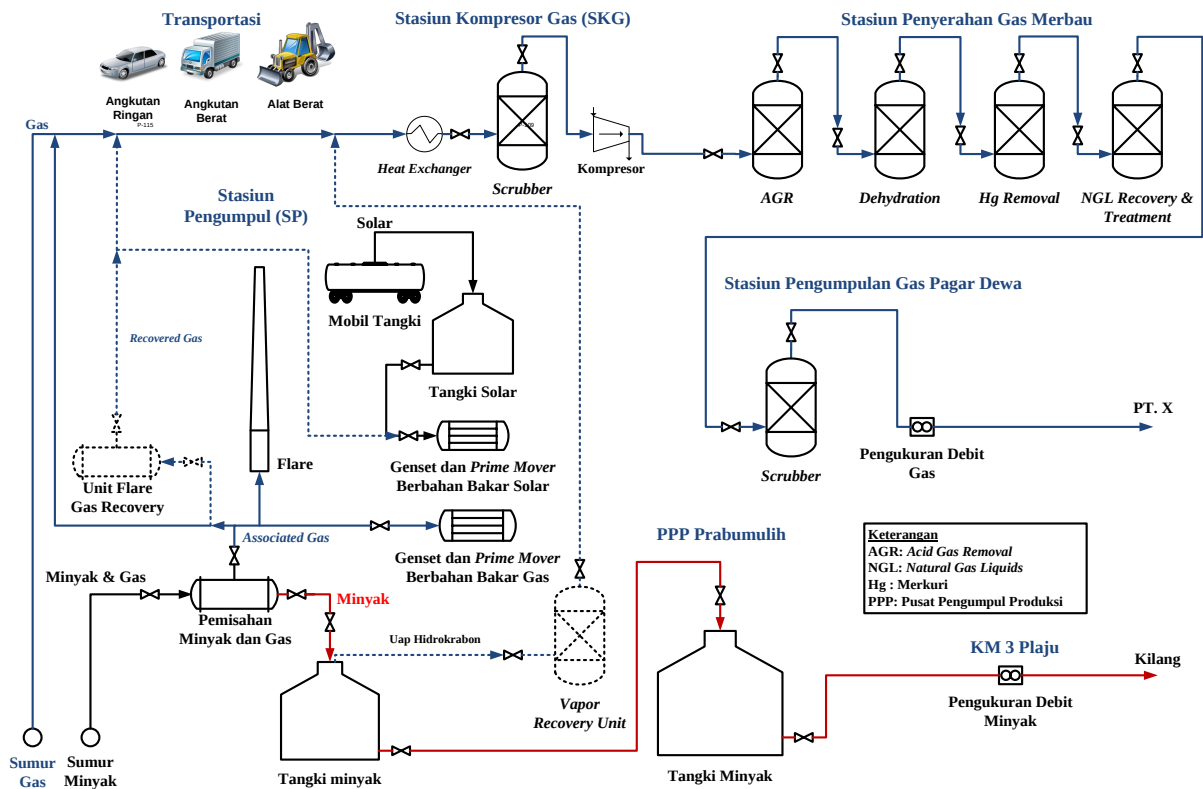
- a. **Skenario 1a:** Pengurangan Gas Flare, Penangkapan Uap Hidrokarbon dari Tangki, dan Penggantian Bahan Bakar Genset dan Prime Mover. Pada umumnya, penerapan aplikasi mitigasi penurunan flaring dapat mengurangi lebih dari 93% total gas yang di-flare (Peterson et al, 2007). Sedangkan uap hidrokarbon dari tangki penyimpanan dapat ditangkap hingga 95% (EPA, 2006). Diagram alir kegiatan produksi di skenario 1a dapat dilihat pada **Gambar 3**.
- b. **Skenario 1b:** Inspeksi dan Perawatan Kendaraan. Jenis perawatan kendaraan yang dilakukan meliputi tune up mesin kendaraan, mempertahankan tekanan ban, dan penggunaan oli mesin yang tepat sesuai dengan rekomendasi pabrikan

mesin kendaraan (Sivak dan Schoettle, 2012). Ilustrasi skenario 1b dapat dilihat pada **Gambar 4**.

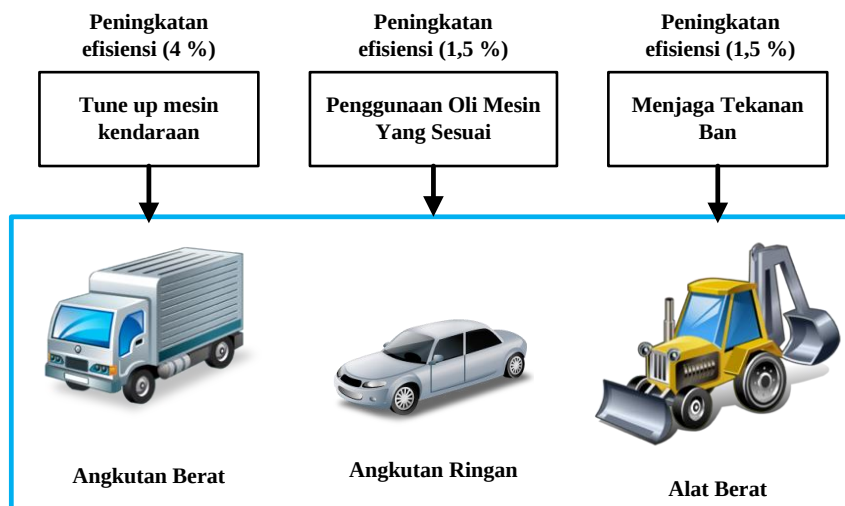
- c. **Skenario 2:** Implementasi Eco-Driving. Perilaku mengemudi dapat mempengaruhi nilai ekonomi bahan bakar kendaraan (Greene dan Schafer, 2003). Di Skenario 2, diasumsikan bahwa eco-driving dapat secara penuh diimplementasikan hanya oleh 20% dari seluruh pengemudi di PT. XYZ setelah diadakan pelatihan eco-driving.. Ilustrasi skenario 1b dapat dilihat pada **Gambar 5**.
- d. **Skenario 3:** Peningkatan Standar Nilai Ekonomi Bahan Bakar Kendaraan dan Penggunaan Bahan Bakar Alternatif Kendaraan. Peningkatan standar nilai ekonomi bahan bakar akan berdampak pada penurunan konsumsi bahan bakar sehingga emisi GRK akan berkurang. Sementara itu, bahan bakar alternatif yang digunakan pada skenario 3 adalah gas. Penggunaan bahan bakar gas sebagai bahan bakar diikuti

dengan penggantian teknologi kendaraan. Kedua mitigasi ini hanya diterapkan di angkutan ringan dan

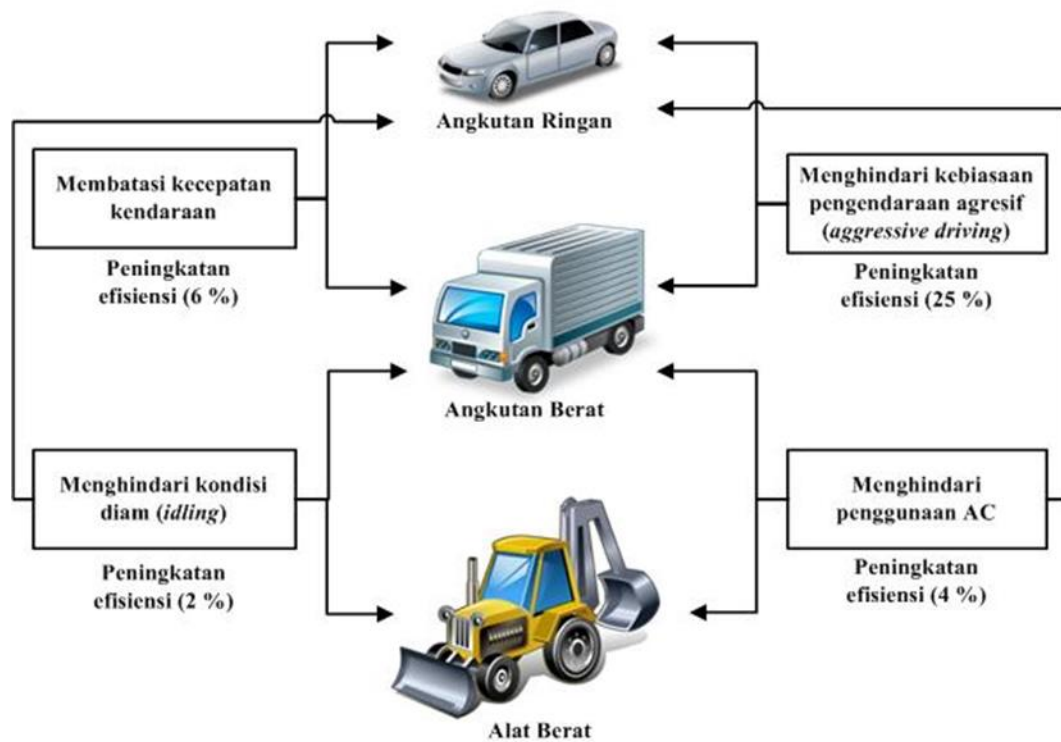
angkutan berat. Ilustrasi skenario 3 dapat dilihat pada **Gambar 6**.



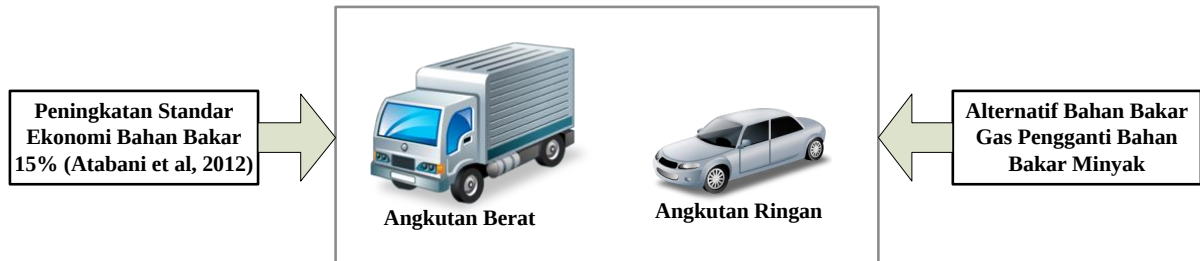
Gambar 3 Diagram Alir Kegiatan Produksi Minyak dan Gas Pada Skenario 1a



Gambar 4 Dampak Skenario 1b Terhadap Nilai Ekonomi Bahan Bakar



Gambar 5 Implementasi Skenario 2 di PT. XYZ



Gambar 6 Implementasi Skenario 3 di PT. XYZ

Manfaat Lingkungan dan Ekonomi

Manfaat secara lingkungan berupa penurunan emisi GRK yang berhasil dilakukan melalui mitigasi GRK. Penurunan emisi GRK dihitung untuk masing-masing skenario. Potensi penurunan emisi merupakan selisih antara emisi baseline dengan emisi program

mitigasi untuk masing-masing skenario. Sementara itu manfaat secara ekonomi berupa nilai gas yang mampu diselamatkan dan penghematan bahan bakar. Manfaat ekonomi dari masing-masing skenario dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Manfaat Lingkungan dan Ekonomi Dari Masing-Masing Skenario

Skenario	Potensi penurunan emisi GRK (%)	Nilai Gas Yang Terselamatkan (\$)	Penghematan Bahan Bakar (\$)
Skenario 1a			
• Pengurangan gas flare	32,6	4.905.600	-
• Recovery uap hidrokarbon	14,7	416.891	-
• Penggantian bahan bakar peralatan stasioner	0,12	-	191.222
Skenario 1b			
• Perawatan kendaraan	0,18		85.469
Skenario 2			
• Implementasi eco-driving	0,15		66.444
Skenario 3			
• Peningkatan standar ekonomi bahan bakar	0,25		108.960
• Bahan bakar alternatif kendaraan	0,27		167.073

Biaya Mitigasi

Besarnya potensi penurunan emisi GRK dan biaya mitigasi dari masing-masing skenario dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 2**, hampir seluruh mitigasi di setiap skenario memungkinkan untuk diimplementasikan. Mitigasi yang paling menjanjikan adalah aplikasi kebijakan penggunaan bahan bakar alternatif untuk kendaraan meskipun potensi penurunan emisi GRK relatif rendah. Hal ini dikarenakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan bakar gas jauh lebih kecil daripada biaya bahan

bakar minyak. Perbedaan inilah yang memberikan manfaat secara ekonomi bagi mitigasi ini.

Sementara itu, mitigasi penggantian bahan bakar peralatan stasioner tidak disarankan untuk diimplementasikan. Hal ini dikarenakan biaya mitigasi yang sangat besar. Harga karbon dioksida dalam 5 tahun terakhir pun tidak pernah mencapai nilai di atas \$144,1 (Bloomberg, 2012).

Tabel 2. Potensi Penurunan Emisi GRK dan Biaya Mitigasi Dari Masing-Masing Skenario

Mitigasi	Biaya Mitigasi (US \$/ton CO ₂ e)	Penurunan emisi GRK kumulatif (2013-2020) (ton CO ₂ e)
Skenario 1a		
• Pengurangan gas flare	-5,2	448.970
• Recovery uap hidrokarbon	-4,8	202.518
• Penggantian bahan bakar peralatan stasioner	144,1	2.084
Skenario 1b		
• Perawatan kendaraan	-72,8	3.193
Skenario 2		
• Implementasi eco-driving	0,5	2.646
Skenario 3		
• Peningkatan standar ekonomi bahan bakar	-93,2	3.858
• Bahan bakar alternatif kendaraan	-1.070	4.194

KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan hasil bahwa sumber emisi utama dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas di PT. XYZ yaitu flaring dan tangki penyimpanan minyak. Emisi dari kedua sumber ini dapat diturunkan melalui pemasangan unit flaring gas recovery dan vapor recovery. Keduanya efektif dan efisien dalam menurunkan emisi GRK di PT. XYZ. Selain itu juga, seluruh mitigasi terhadap sektor transportasi dapat memberikan keuntungan secara ekonomi meskipun jumlah GRK yang dapat diturunkan tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atabani, A.E., Silitonga, A.S., T.M.I. Mahlia (2012). Cost benefit analysis and environmental impact of fuel economy standard for passenger cars in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 : 3547-3558
- API (2009). Compendium of Greenhouse Gas Emission Methodologies For The Oil and Gas Industry
- Bloomberg. 2012. Spot Carbon Dioxide (CO₂) Emissions EUA Price/Europe. Tersedia di <<http://www.bloomberg.com/quote/EUETS SY1:IND>>. Diakses pada tanggal 11 Agustus 2012
- Borba, B.S.M.C., Lucena, A.F.P., Rathmann, R., Costa, I.V.L., Nogueira, L.P.P., Rochedo, P.R.R., Branco, D.A., Junior, M.F.H., Szklo, A., Schaeffer, R.(2012). Energy-related climate change mitigation in Brazil: Potential, abatement cost, and associated policies. *Energy Policy* 49 : 430-441
- Rick, Beaubien (2009). Efficiency Improvement Cut GHG Emissions, Help Profits. *Oil & Gas Journal* 107 : 20
- Greene D.L. dan Schafer, A. (2003). Reducing Greenhouse Gas Emission From U.S. Transportation, Tersedia di <<http://www.c2es.org/docUploads/ustransp.pdf>>. Diakses pada 19 Juli 2012
- EPA (2006). Installing Vapour Recovery Units on Storage Tanks. Tersedia di <http://www.epa.gov/gasstar/documents/ll_f inal_vap.pdf>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2012
- EPA (2010). Available And Emerging Technologies For Reducing Greenhouse Gas Emission From The Petroleum Refining Industry. Tersedia di <<http://www.epa.gov/nsr/ghgdocs/refineries.pdf>>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2012

- Timilsina, G.R., Naini, A., Walden, T. (2006). GHG Emission and Mitigation Measures for the Oil & Gas Industry Alberta. University of Calgary
- Peterson, J., Cooper, H., Baukal, C. (2007). Minimize facility flaring. *Hydrocarbon Processing* : 111-115
- Sivak, M. dan Schoettle, B. (2012). Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy, *Transport Policy* 22 : 96-99
- Johnson, M.R. dan Coderre, A.R.. (2011). An analysis of flaring and venting activity in Alberta upstream oil and gas industry. *Journal of the Air & Waste Management Association* 61 : 190-200
- Johnson, M.R. dan Coderre, A.R. (2012). Opportunities for CO₂ equivalent emission reductions via flare and vent mitigation: A case study for Alberta, Canada. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 8 : 121-131