

Mustar, MM., Tang, UM., Nofrizal  
2014: 8 (2)

**ANALISIS EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) DARI MESIN PEMBAKARAN  
DENGAN APLIKASI SANGEA DI PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA  
(STUDI KASUS PADA TURBIN GAS MINAS 10)**

**Maladi M. Mustar**

*Pegawai PT. Chevron Pacific Indonesia, SMO OE/HES Team – Rumbai Pekanbaru  
Riau. Telp. 0761-943460, email: maladi\_mustar@yahoo.com*

**Usman M Tang**

*Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau,  
Jl. Pattimura No.09.Gobah, Pekanbaru 28131. Telp 0761-23742.*

**Nofrizal**

*Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau,  
Jl. Pattimura No.09.Gobah, Pekanbaru 28131. Telp 0761-23742.*

***Analyzing Greenhouse Gas Emissions from Combustion Engines by Applying  
SANGES at PT. Chevron Pacific Indonesia (A Case Study of Minas Gas Turbine 10)***

***Abstract***

*This study analyzes the greenhouse gas estimation calculation for CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> (as NO<sub>2</sub>) emissions. Estimation is calculated using the SANGEA application which is based on the fuel gas consumption and composition for the combustion engine. The estimation calculations are then compared with the results of on a direct measurement by using a continuous emission monitoring system (CEMS.) Furthermore, the estimation calculation is referred to some related regulations to see if it meets with the standard, to know the quality levels or “tier” and reliability of the SANGEA application used, also to learn more on the strategy undertaken by emitters in managing GHG emissions. The study methodology used is descriptive qualitative analysis by performing field survey to learn how to perform direct measurements with continuous emission monitoring equipment or CEMS in place (in situ) and how to calculate estimation emissions using the SANGEA applications for the operation of combustion engines or turbines. The result of this study shows that there are differences result between the SANGEA calculation and CEMS direct measurement, where the SANGEA calculation result is 19.7 - 27.8% lower than the direct measurement and this difference result is still close with the previous studies that have been done, 18.3 to 30.7%, which is becomes a theoretical reference for this comparison calculation and direct measurement study.*

***Keywords: emission, SANGEA, CEMS***

## **PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu industri minyak dan gas di Indonesia, PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) di dalam melaksanakan operasinya senantiasa mematuhi peraturan dan perundang-undangan yang berlaku. Salah satunya adalah mengacu kepada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi dan atau kegiatan minyak dan gas bumi, CPI telah melakukan identifikasi, pengukuran dan penghitungan emisi gas yang tergolong GRK.

Salah satu sumber emisi GRK pada salah satu operasi di CPI adalah adanya penggunaan mesin pembakaran atau *combustion engine* untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik. Dalam melakukan penghitungan beban emisi dilakukan dengan pengukuran langsung secara kontinyu jumlah konsentrasi dan besaran aliran gas dari sumber emisi dengan menggunakan alat monitoring kontinyu atau *Continuous Emission Monitoring System* (CEMS) pada salah satu gas turbin (MGT10) yang dioperasikan. Selanjutnya pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak atau aplikasi yang disebut *SANGEA*.

Saat ini belum pernah dilakukan analisis untuk melihat hasil perbedaan penghitungan estimasi dengan menggunakan *SANGEA*, dengan hasil pengukuran secara kontinyu jumlah konsentrasi dan besaran aliran gas dari sumber emisi untuk mesin pembakaran atau *combustion engine* pada MGT10.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) apakah kegiatan-kegiatan yang dilakukan CPI untuk mengendalikan emisi GRK (2) apakah emisi gas NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) dan CO<sub>2</sub> khususnya pada kegiatan operasi di Minas Gas Turbin (MGT) melampaui baku mutu (3) bagaimanakah tingkat ketelitian hasil penghitungan estimasi emisi dengan aplikasi *SANGEA* untuk gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dibandingkan dengan hasil pengukuran, serta (4) apakah dengan penggunaan penghitungan *SANGEA* yang mendekati hasil pengukuran langsung tersebut dapat mengoptimalkan biaya pengukuran. Selanjutnya analisa lebih memfokuskan kepada pengujian kualitas data yang dihasilkan dari penggunaan ke dua teknik ini dan tidak menetapkan bahwa salah satu dari teknik lebih baik dan juga untuk menganjurkan penggunaan eksklusif dari salah satu teknik di atas yang lain.

## **METODA PENELITIAN**

Penelitian terdiri dari tiga bagian yakni: (1) penentuan kegiatan yang dilakukan CPI dalam pengendalian emisi GRK pada operasi Minas Gas Turbin (MGT), (2) penentuan tingkat emisi gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) khususnya pada mesin turbin MGT10 (3) penentuan tingkat ketelitian kualitas data yang dihasilkan penghitungan dengan aplikasi *SANGEA* dibandingkan pengukuran langsung dengan CEMS.

Survey lapangan dan pengambilan data sekunder dari laporan kegiatan adalah metode penelitian yang dilakukan untuk penentuan kegiatan yang telah dilakukan oleh tim PGT (*Power Generation Team*) khususnya pada operasi Minas Gas Turbin (MGT) yang bertugas menghasilkan dan mendistribusikan tenaga listrik pada daerah operasi selatan CPI. Untuk penentuan tingkat emisi gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) adalah dilakukan

dengan metode pengambilan data sekunder dari hasil pengukuran langsung dengan alat monitoring emisi kontinyu atau *continuous emission monitoring system* (CEMS) pada MGT10 pada rentang waktu kuartal ke-dua dan ke-3 yakni bulan April – Juli tahun 2013 dari salah satu mesin pembakaran MGT10 yang telah dipasang alat monitoring emisi kontinyu (*Continuous emission monitoring System*) yakni *Gas Analyzer Chemiluminescent NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> Analyzer Thermo Environmental Instrument – USA, model 42i*, *Optical Filter Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Analyzer Thermo Scientific Model – USA, model 410i* dan *Gas Flow Monitor EMRC – USA, model DP-75 Mark 2*.

Metode survai dan pengambilan data sekunder yang berkaitan dengan jumlah penggunaan bahan bakar gas serta komposisinya dilakukan untuk penentuan tingkat ketelitian kualitas penghitungan estimasi emisi dengan aplikasi SANGEA™ 3.04 pada fasilitas mesin pembakaran yang menjadi target sampel yang didasari oleh jumlah dan komposisi pemakaian bahan bakar gas untuk kurun waktu yang sama. Analisa deskriptif digunakan untuk melihat perbedaan hasil penghitungan emisi SANGEA dengan CEMS, serta untuk menentukan tingkat ketelitian dan efisiensi penggunaan SANGEA.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 17 Tahun 2004 menyebutkan bahwa Protokol Kyoto atas konvensi kerangka kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang perubahan iklim hanya mengatur penurunan emisi GRK akibat kegiatan manusia, akan tetapi tidak secara langsung mengontrol CO<sub>2</sub> maupun sumber emisi GRK lain dari proses-proses industri. Dalam hal aspek hukum, gas-gas ini masih diperbolehkan dalam peraturan, dengan mengacu kepada peraturan menteri negara lingkungan hidup nomor 13 Tahun 2009 tentang baku mutu emisi dari sumber tidak bergerak bagi kegiatan minyak dan gas bumi, serta Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 21 Tahun 2008 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan kegiatan pembangkit tenaga listrik termal hanya menetapkan baku mutu emisi yang mencakup antara lain adalah opasitas, H<sub>2</sub>S, dan gas hidrokarbon lainnya namun tidak mencakup gas CO<sub>2</sub> atau emisi GRK lainnya.

CPI telah berkomitmen untuk mengelola emisi GRK sejalan dengan pemenuhan akan kebutuhan energi yang meningkat. Mengacu kepada peraturan yang berlaku, CPI telah melakukan langkah kongkret yang dilakukan dalam kaitannya dengan Emisi GRK, adalah melakukan inventarisasi emisi, pengelolaan emisi, pemantauan emisi, pelaporan hasil pemantauan emisi; penanganan kondisi darurat pencemaran udara emisi gas yang tergolong GRK. CPI juga menerapkan sistem pengelolaan operasional yang sudah terintegrasi dengan pengelolaan keselamatan kerja, lingkungan serta keandalan beroperasi dalam melakukan identifikasi, pengukuran dan penghitungan emisi gas yang tergolong GRK serta emisi gas buang. Pengukuran langsung emisi gas buang dengan CEMS serta penghitungan emisi gas buang, dalam hal ini dengan penggunaan aplikasi SANGEA, serta melaporkan kepada Kementerian Lingkungan Hidup serta instansi terkait di bidang minyak dan gas bumi paling sedikit 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan. Peraturan ini juga menyebutkan bahwa terdapat dua metode untuk mengetahui tingkat emisi gas buangan ke udara ambien yakni (1) Metode pengukuran beban emisi adalah menghitung beban emisi berdasarkan pengukuran secara kontinyu konsentrasi dan aliran gas dari sumber emisi. (2) Metode Perhitungan beban emisi adalah menghitung

beban emisi berdasarkan data aktifitas yang diperoleh dengan cara menghitung sistem dan parameter tambahan lain yang diperoleh dari pengukuran laboratorium atau faktor standar, misalnya jumlah penggunaan bahan bakar.

Pemerintah Indonesia juga telah menetapkan peraturan setingkat menteri tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan kegiatan pembangkit tenaga listrik termal, yakni Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 21 tahun 2008. Di dalam peraturan ini dijelaskan bahwa pembangkit tenaga listrik termal adalah suatu kegiatan yang memproduksi tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar padat, cair, gas, campuran antara padat, cair, dan atau gas, atau uap panas bumi. Untuk sumber emisi dari mesin pembakaran pada kegiatan operasi migas yang sudah berjalan juga telah menetapkan bahwa pemasangan alat monitoring kontinyu atau CEMS (*Continuous emission monitoring system*) harus dilakukan pada salah satu cerobong dengan beban pencemaran tertinggi yang berasal dari sumber emisi proses pembakaran dengan kapasitas diatas 25 MW.

Tim PGT–MGT yang merupakan tim operasional CPI yang bertugas menghasilkan dan mendistribusikan tenaga listrik untuk daerah operasi bagian selatan yang mencakup Rumbai, Minas dan Petapahan, telah melakukan antara lain (1) Pemanfaatan teknologi dengan penggunaan bahan bakar gas untuk operasional seluruh gas turbin (2) Pemasangan CEMS pada sumber emisi proses pembakaran dengan kapasitas diatas 25 MW (pada MGT10), untuk pengukuran GRK dan emisi gas buang serta penghitungan estimasi emisi gas buang (3) Mengutamakan pendekatan pemeliharaan terencana ketimbang pemeliharaan yang tidak terencana sesuai dengan usaha pencapaian target kinerja operasi yang berpedoman “*zero unscheduled down time*” yang bermakna terus berupaya untuk tidak mengalami kegagalan beroperasi akibat sesuatu hal yang tidak terencana kegiatan perawatan terencana besar atau *major overhaul* yang didasari *working hour* atau jam operasional masing-masing turbin, biasanya setiap 32.000 jam atau sekitar beroperasi selama 3 tahun 9 bulan (4) Pembatasan operasional masing-masing turbin, mengingat bahwa turbin di MGT telah dioperasikan pada era tahun 1970an. Untuk operasional sehari-hari, dari 11 unit gas turbin rata-rata 9 unit yang beroperasi, sementara 1 unit dalam keadaan siaga dan 1 unit lagi dalam keadaan perawatan. Hal ini disamping akan menghasilkan ketahanan dan keandalan turbin tetap terjaga, juga dapat mengurangi jumlah bahan bakar gas yang digunakan yang pada akhirnya juga akan mengurangi emisi gas buangan. Namun hal ini juga jangan sampai mengurangi produksi daya listrik untuk operasi CPI.

Tabel 1. Hasil pengukuran langsung CEMS

No	Bulan	Konsentrasi– interval per tiap jam (mg/Nm <sup>3</sup> )		Rata-rata tiap jam Laju Alur (M <sup>3</sup> /det)	Rata-rata Suhu Cerobong (°C)
		NO <sub>x</sub> sebagai NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		
1	April	106	317	452	495
2	Mei	111	290	439	469
3	Juni	140	418	399	469
4	Juli	101	345	444	446

Tabel 2. Baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi PLTG

No.	Parameter	Kadar Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	
		Minyak	Gas
1	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	650	150
2	Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> ) - dinyatakan sebagai NO <sub>2</sub>	450	320
3	Total Partikulat	100	30
4	Opasitas	20%	-

Sumber: Lampiran II A Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 21 Tahun 2008

Dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran langsung pada kurun waktu penelitian yakni April – Juli 2013 untuk emisi NO<sub>x</sub> sebagai NO<sub>2</sub> pada MGT10 adalah memenuhi baku mutu dari yang telah ditentukan.

Selanjutnya dari data hasil pengukuran CEMS emisi rata-rata tiap bulan pada cerobong buangan MGT10 yang berupa konsentrasi emisi gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) dilakukan penghitungan beban emisi gas buang. Hasil perkalian antara konsentrasi emisi gas masing-masing NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) dan CO<sub>2</sub> dengan volume emisi dari hasil pengukuran langsung CEMS akan menghasilkan beban emisi pada kurun waktu yang akan dihitung dan volume emisi gas dapat diketahui dengan melakukan perkalian antara laju aliran emisi dengan kurun waktu yang akan dihitung.

Menurut Blancard (1994) di dalam Supriyadi (2010), reliability atau keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu. Untuk pencapaian keandalan maka diperlukan suatu periode waktu tertentu ketika suatu system atau unit memerlukan pemeliharaan atau maintenance. Maintenance atau pemeliharaan adalah semua aktivitas yang berkaitan untuk mempertahankan peralatan system dalam kondisi layak bekerja.

Tabel 3. Hasil pengukuran CEMS emisi gas tiap bulan - 2013

Bulan	Rata-rata emisi per jam (mg)		Rata-rata emisi per bulan (ton)	
	NO <sub>x</sub> sebagai NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> sebagai NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
April	61.334.096	183.423.665	44	132
Mei	64.565.350	168.684.249	48	126
Juni	74.013.841	221.059.708	53	159
Juli	61.318.082	209.452.856	44	151

Penggunaan aplikasi SANGEA adalah sistematis yang terdiri dari beberapa langkah yang akan melibatkan pendefinisian atau penentuan karakteristik masing-masing pengguna misalnya pelaporan yang benar, pengelompokan sumber emisi, penentuan modul estimasi emisi yang tergantung pada jenis sumber emisi tersebut, pemilihan dan pengkonfigurasiannya metoda estimasi untuk pelaporan yang benar dan pendataan informasi bulanan. Metode penghitungan dan faktor emisi dari sistem SANGEA didasarkan pada *Compendium American Petroleum Institute* tentang estimasi emisi GRK untuk industri minyak dan gas. Hal ini sejalan dengan peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup yang mengatur tentang pedoman penghitungan beban emisi kegiatan industri minyak dan gas bumi. Dengan kata lain bahwa penghitungan estimasi emisi dengan SANGEA sudah mengikuti peraturan yang telah berlaku di Indonesia.

Pada penelitian ini, data primer yang dimasukkan ke dalam aplikasi SANGEA untuk melakukan penghitungan estimasi yang berkaitan dengan modul *combustion* adalah jumlah bahan bakar dan komposisi bahan bakar gas yang digunakan dalam 11 turbin pada MGT termasuk MGT10. Pembacaan untuk konsumsi bahan bakar gas untuk seluruh pemakaian turbin adalah melalui metering *gauge* yang terpasang pada fasilitas. Saat ini MGT belum memiliki metering *gauge* untuk mengukur keperluan konsumsi dari masing-masing turbin yang ada di fasilitas tersebut. Adapun untuk mengetahui berapa jumlah konsumsi bahan bakar gas pada MGT10, maka dilakukan estimasi dengan mengkonversikan rata-rata daya listrik yang dihasilkan oleh MGT10, dengan pemakaian bahan bakar gas. Berdasarkan data operasional, MGT10 menunjukkan bahwa rata-rata harian kebutuhan bahan bakar gas adalah 7.427 MSCF (*thousand standard cubic feet*). Selanjutnya data lain yang dimasukkan ke dalam aplikasi adalah komposisi bahan bakar gas. Bahan bakar gas yang digunakan dalam hal ini adalah gas alam. Hal ini untuk menentukan kandungan karbon (*carbon content*) dalam bahan bakar gas tersebut. Berdasarkan data input di atas, selanjutnya Tabel 4 menunjukkan hasil estimasi penghitungan emisi SANGEA untuk seluruh turbin di MGT dan Tabel 5 menunjukkan hanya pada MGT10.

Tabel 4. Estimasi Emisi SANGEA untuk Seluruh Turbin MGT - 2013

Bulan	Rata-rata bahan bakar gas (MMSCF)	CO <sub>2</sub> (ton)	NO <sub>x</sub> (ton)
April	1.907	844	282
Mei	1.901	735	282
Juni	1.785	789	264
Juli	1.604	811	238
Agustus	1.618	818	240
September	1.527	751	226

MMSCF = Millions standard Cubic Feet

Tabel 5. Estimasi emisi SANGEA pada MGT10 - 2013

Bulan	Estimasi rata-rata bahan bakar gas (MMSCF)	CO <sub>2</sub> (ton)	NO <sub>x</sub> (ton)
April	226	110	33
Mei	233	116	35
Juni	226	110	35
Juli	233	116	33

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil penghitungan SANGEA dengan pengukuran langsung pada MGT10. Secara umum hasil penghitungan SANGEA memiliki nilai lebih rendah dari hasil pengukuran langsung, yakni sebesar 19,6 % untuk gas CO<sub>2</sub> dan 27,8% untuk gas NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>).

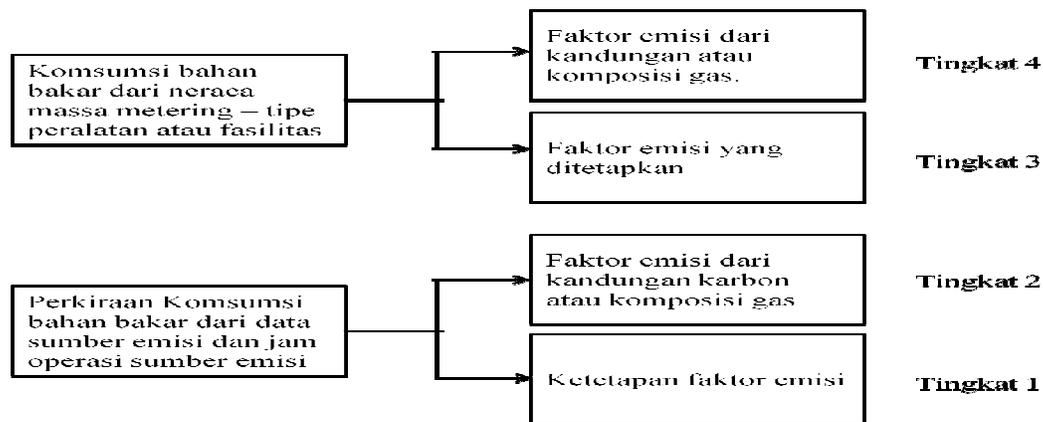
Satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap perbedaan hasil pengukuran dan penghitungan estimasi ini adalah menggunakan data perkiraan jumlah konsumsi bahan bakar pada MGT10 mengingat belum terpasangnya alat ukur (*metering gauge*). Faktor lain adalah hal yang berkaitan dengan data komposisi bahan bakar yang perlu pengaturan frekuensi pengambilan sampel bahan bakar untuk diuji berdasarkan penggunaan bahan bakar yang digunakan. Saat ini pengambilan sampel bahan bakar untuk uji komposisinya dilakukan sebulan sekali pada pipa aliran utama bahan bakar gas untuk keperluan seluruh turbin di MGT dan tidak pada aliran khusus untuk MGT10 karena belum adanya fasilitas pengambilan sampel bahan bakar pada MGT10.

Tabel 6. Perbedaan Hasil Penghitungan SANGEA dengan Pengukuran Langsung.

Parameter	Bulan	Beban Emisi (Ton per Bulan)		Perbedaan emisi (%)	
		SANGEA (X)	Pengukuran langsung (Y)	—	Rata-rata
CO <sub>2</sub>	April	110	132	16.7	19.6
	Mei	116	126	7.9	
	Juni	110	159	30.8	
	Juli	116	151	23.2	
NO <sub>x</sub>	April	33	44	25.0	27.8
	Mei	35	48	27.1	
	Juni	35	53	34.0	
	Juli	33	44	25.0	

Perbedaan emisi penghitungan SANGEA kemudian jika dibandingkan dengan hasil pengukuran CEMS menunjukkan tingkat ketelitian SANGEA rata-rata 80,4 % untuk CO<sub>2</sub> (atau 19,6 % lebih rendah dari CEMS) dan 72,2 % (atau 27,8 % lebih rendah dari CEMS) untuk NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>). Nilai perbedaan ini masih mendekati dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan yakni 18,3-30,7 % penghitungan estimasi lebih rendah dari pengukuran langsung (Evans, 2009).

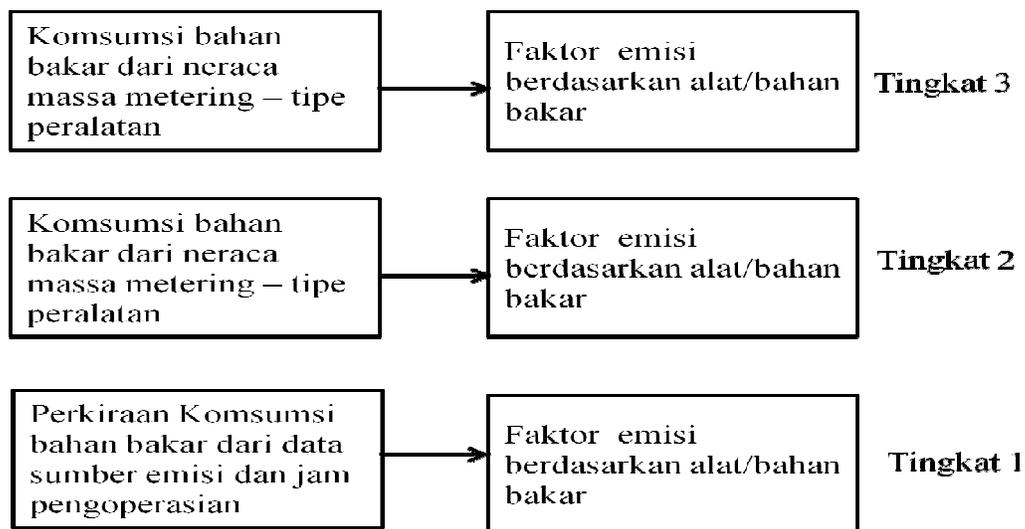
Pemerintah Indonesia melalui peraturan menteri negara lingkungan hidup Nomor 12 Tahun 2012 tentang pedoman penghitungan beban emisi kegiatan industri minyak dan gas bumi menyatakan bahwa penghitungan beban emisi pada unit pembakaran dalam dan luar dilakukan berdasarkan ketersediaan data dan faktor emisi yang digunakan dalam berbagai tier yang juga menunjukkan tingkatan ketelitian atau keandalan dalam melakukan penghitungan estimasi. Masing-masing Tier memiliki tingkat akurasi hasil perhitungan yang berbeda. Semakin rendah nilai Tier, semakin rendah tingkat akurasi hasil perhitungannya karena estimasi data yang digunakan pada perhitungan lebih kasar.



Gambar 1. Tingkat Penghitungan Beban Emisi gas CO<sub>2</sub>

API (2009) menyatakan bahwa analisa ketidakpastian menjadi sangat penting pada saat melakukan inventarisasi GRK. Ketidakpastian yang terkait dengan emisi GRK dari pembakaran akan terutama disebabkan variasi dalam komposisi bahan bakar yang dibakar dan tingkat konsumsi masing-masing (atau total volume).

Merujuk kepada peraturan tersebut serta berdasarkan hasil analisa penelitian terhadap penghitungan estimasi emisi gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dapat ditentukan bahwa tingkat ketelitian atau keandalan penghitungan dengan menggunakan aplikasi SANGEA dapat dikelompokkan ke dalam ketegori (1) Tingkat 4 untuk estimasi emisi gas CO<sub>2</sub> dan tingkat 3 untuk estimasi gas NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) pada penghitungan emisi yang berasal dari seluruh MGT, karena penghitungan estimasi emisi telah didasari dengan penggunaan data jumlah konsumsi bahan bakar dari neraca alat ukur langsung (*metering gauge*) serta penggunaan faktor emisi dari kandungan atau komposisi bahan bakar gas yang digunakan. (2) Tingkat 2 untuk estimasi emisi gas CO<sub>2</sub> pada penghitungan emisi yang berasal dari MGT10, karena penghitungan estimasi emisi telah didasari dengan penggunaan perkiraan konsumsi bahan bakar serta penggunaan faktor emisi dari kandungan atau komposisi bahan bakar gas yang digunakan.



Gambar 2. Tingkat Penghitungan beban emisi lain (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM)

Tingkat 1 untuk estimasi emisi gas NO<sub>x</sub> (sebagai NO<sub>2</sub>) pada penghitungan emisi yang berasal dari MGT10, karena penghitungan estimasi didasari pada perkiraan konsumsi bahan bakar. Pemanfaatan penghitungan emisi dengan *SANGEA* yang efektif dan andal dapat mengoptimasikan biaya operasional dengan efisiensi biaya yang bisa mencapai 35,4 kali lebih kecil dibandingkan dengan biaya pengadaan dan pengoperasian CEMS dalam hal pengadaan alat dan operasional per tahunnya.

## KESIMPULAN

Dalam pengelolaan emisi GRK, CPI khususnya operasional MGT telah melakukan kegiatan identifikasi, pengukuran dan penghitungan emisi gas yang tergolong GRK dan emisi gas buang. Konsentrasi emisi gas buang NO<sub>x</sub> sebagai NO<sub>2</sub> rata-rata sebesar 114,5 mg/Nm<sup>3</sup> adalah dibawah nilai baku mutu sebesar 450 mg/Nm<sup>3</sup>.

Terdapat perbedaan hasil penghitungan *SANGEA* dengan pengukuran langsung pada tempat yang menjadi objek penelitian, dimana hasil penghitungan *SANGEA* lebih rendah dari hasil pengukuran langsung yakni sebesar 19.7% untuk gas CO<sub>2</sub> dan 27.8%

NO<sub>x</sub> sebagai NO<sub>2</sub>. Nilai perbedaan ini masih cukup mendekati dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu 18,3 - 30,7%.

Pemanfaatan penghitungan emisi dengan *SANGEA* yang efektif dan andal dapat mengoptimasikan biaya operasional dengan efisiensi biaya yang bisa mencapai 12 kali lebih kecil khususnya dalam hal pengadaan dan pemasangan perlengkapan alat pengukuran. Biaya pengadaan dan pengoperasian aplikasi *SANGEA* dan biaya analisa laboratorium untuk konsumsi dan komposisi bahan bakar adalah 12 kali lebih kecil dibandingkan dengan biaya pengadaan dan pengoperasian CEMS.

Perlunya pemasangan alat ukur konsumsi bahan bakar (*metering gauge*) serta *gas sampling point* pada MGT10 agar didapat data yang lebih akurat untuk penghitungan emisi yang didasari oleh penggunaan konsumsi bahan bakar serta pelaksanaan pengkalibrasian yang dilakukan oleh badan akreditasi untuk CEMS agar lebih menambah keandalan pengukuran langsung merupakan beberapa saran untuk kemudian dapat dilakukannya penelitian lebih lanjut.

### **TERIMAKASIH**

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Ibu Ralphaelyne C. Lee B.Sc., M.Sc, yang telah membimbing penulis selama melakukan kegiatan penelitian di lapangan dan teman-teman di tim PGT MGT yang telah memberikan data untuk penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- American Petroleum Institute. 2009. Compendium of Greenhouse Gas Emmission Mothodology for The Oil and Natural Gas, Washington DC, USA, p 2.1 – 2.17, 3.2 – 2.7.
- Evans, S., Deery, S., and Bionda, J. 2009. How Reliable are GHG Combustion Calculations and Emission Factors? Extended Abstract #57, Illinois, USA
- Supriyadi, A. 2010, Analisis dan Perancangan Analisa dan Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Kertas Guna Meningkatkan Keandalan dan Ketersediaan Mesin, <http://lontar.ui.ac.id>, akses 15 Oktober 2013, Universitas Indonesia, Jakarta