

Analisis Nilai Manfaat Teknologi *Methane Capture* bagi Pabrik Kelapa Sawit

Fhardi Suganda¹, Fadjar Goembira^{1,2}, dan Mahdi^{1,3}

¹Sekolah Pascasarjana Universitas Andalas, Indonesia; e-mail: fhardisuganda@gmail.com

²Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas

³Departemen Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Andalas

ABSTRAK

Dalam upaya membatasi kenaikan suhu global 1,5 derajat Celsius pada tahun 2050, peserta COP26 pada November 2021 sepakat untuk menurunkan akumulasi gas metana. Gas metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang memberikan dampak yang besar bagi peningkatan pemanasan global. Potensi reduksi gas metana di Indonesia terdapat pada teknologi menangkap gas metana (*methane capture*) dari limbah cair yang bersumber dari pabrik pengolahan kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar reduksi gas metana yang bisa ditangkap oleh teknologi *methane capture* serta mengetahui nilai finansial pemanfaatan gas metana baik dari sisi finansial perusahaan maupun bagi lingkungan hidup. Penelitian ini menggunakan metode *mixed method explanatory*. Dari aspek lingkungan, pemanfaatan *methane capture* mampu menangkap gas metana sebanyak 17.517,79 t-CO₂e (93,81%) pada kolam anaerobik. Valuasi ekonomi dari gas metana diperoleh dalam NPV adalah sebesar Rp. 31.219.230.000 selama 20 tahun umur ekonomisnya yang dihitung dari nilai ISCC Insentif. Nilai ini menjadi semakin besar, yakni Rp. 63.808.660.000 apabila gas metana tersebut dimanfaatkan untuk membangkit tenaga listrik. Namun, perusahaan akan merugi apabila tidak mendapatkan ISCC insentif dari pasar Eropa dan Amerika Serikat, yakni NPV menjadi sebesar Rp. -6.444.990.000. Kerugian ini lebih besar dibandingkan dengan perusahaan yang menggunakan pembangkit listrik diesel yang berbahan bakar fosil, yakni dengan NPV Rp. -4.857.560.000. Ada selisih sebesar Rp. -1.587.430.000 yang menjadi *disinsentif* bagi perusahaan kelapa sawit dalam menggunakan teknologi *methane capture*. Apabila diterapkan pajak karbon untuk pabrik kelapa sawit yang tidak menggunakan teknologi *methane capture*, berdasarkan UU nomor 7 tahun 2021, maka pembebanan biaya yang lebih besar sehingga nilai NPV Rp. -15.446.640.000 dibanding sebelum diterapkannya pajak karbon.

Kata kunci: Gas Metana, Carbon Capture, Renewable Energy, Pajak Karbon, Valuasi Ekonomi

ABSTRACT

The effort to limit the global temperature increase of 1.5 degrees Celsius by 2050, COP26 participants in November 2021 agreed to reduce the accumulation of methane gas. Methane gas is one of the greenhouse gases that has a major impact on increasing global warming. The potential of methane gas reduction in Indonesia is seen in capturing methane gas (*methane capture*) from palm oil mill effluent. This study aims to determine how much methane gas reduction is captured by methane capture technology and to find out the financial value of using methane gas, both from the company's financial side and for the environment. This study applied *mixed method explanatory*. The environmental aspect explained that the use of methane capture was able to capture 17,517.79 t-CO₂e of methane gas (93.81%) in an anaerobic pond for processing palm oil mill effluent. The economic valuation from methane gas as received in NPV is Rp. 31,219,230,000 for 20 years of economic life which is calculated from the value of the ISCC incentive. This value is increased amount of Rp. 63,808,660,000 if the methane gas is used to generate electricity. However, the company will loss amount of budget if it does not get ISCC incentives from the European and United States markets, in which the NPV becomes Rp. -6,444,990,000. The loss is greater for companies that used diesel power plants than use fossil fuels, which NPV result of Rp. -4,857,560,000. There is a difference of Rp. -1,587,430,000 which is a disincentive for palm oil companies to use methane capture technology. If the carbon tax is applied to palm oil mills that do not use methane capture technology, based on Law number 7 of 2021, it is obtained a higher cost so that the NPV value is Rp. -15,446,640,000 compared to before the implementation of the carbon tax.

Keywords: Methane gas, Carbon Capture, Renewable Energy, Carbon Tax, Economic Valuation

Citation: Suganda, F., Goembira, F., dan Mahdi., (2024). Analisis Nilai Manfaat Teknologi *Methane Capture* Bagi Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(2), 551-564, doi:10.14710/jil.22.2.551-564

1. Pendahuluan

Dalam upaya membatasi kenaikan suhu global 1,5 derajat Celsius pada tahun 2050, peserta COP26 pada November 2021 sepakat untuk menurunkan akumulasi gas metana. Uni Eropa dan Amerika serta 100 negara lainnya menyepakati Global Methane Pledge dimana peserta berkomitmen untuk mengambil tindakan sukarela dalam berkontribusi mengurangi emisi gas metana global setidaknya 30% dari tahun 2020 hingga 2030. Fokus utama dalam mencapai tujuan tersebut dengan fokus pada sektor energi, pengelolaan pada limbah industri, penerapan teknologi bersih (*green technology*) untuk pertanian dan perkebunan serta kerjasama dengan petani (Hardy, 2022).

Gas metana merupakan gas yang memberikan dampak 21 kali lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO₂) terhadap kenaikan suhu global (UNFCCC, 1997). Lebih kurang 40% gas metana (CH₄) berasal dari sumber alami seperti lahan basah tetapi bagian yang lebih besar sekarang berasal dari berbagai aktivitas manusia, mulai dari pertanian seperti peternakan dan produksi beras hingga tempat pembuangan sampah (UNEP, 2020).

Penangkapan gas metana dari air limbah pabrik kelapa sawit memberikan solusi dalam upaya reduksi gas metana di Indonesia. Selain alih guna fungsi lahan, limbah cair pabrik kelapa sawit menempati urutan kedua dalam kontribusi gas rumah kaca yang bersumber dari industri kelapa sawit. Gas metana dihasilkan dari penguraian bahan organik *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dan kemudian dilepaskan ke Atmosfer. POME menghasilkan gas metana paling tinggi dibanding bahan sumber lainnya dimana rata-rata menghasilkan 0,39 m³/kg dibanding kotoran sapi 0,38 m³/kg dan sampah perkotaan 0,38 m³/kg (USAID, 2015).

Pengolahan POME menjadi *biomethane* selain untuk mengurangi terlepasnya gas metana ke udara juga sebagai penghasil listrik. Novelli (2016) mengemukakan bahwa *methane capture* di pabrik kelapa sawit dapat mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK). *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) juga menyatakan bahwa *methane capture* diperlukan untuk mematuhi *European Renewable Energy Directive* (EU RED) untuk bahan bakar nabati (RSPO, 2012). Persyaratan utama dalam EU RED untuk energi terbarukan ini adalah batas Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari industri tersebut sehingga diizinkan untuk dapat mengeksport *biofuel* atau bahan baku *biofuel* ke Eropa. Dengan demikian, produsen *Crude Palm Oil* (CPO) yang bertujuan untuk mengeksport produknya ke Eropa salah satu upayanya dengan mengadopsi teknologi *methane capture* (Sani, 2018). Melalui skema *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC), CPO bersertifikat akan mendapat insentif harga premium US\$20-US\$30/Ton di pasar global. Adanya sertifikasi ISCC berawal dari kebutuhan akan bioenergi yang ramah lingkungan (Hamdani *et al.*, 2021).

Methane Capture berbentuk kolam penampung limbah cair dengan penutup dan kedalaman enam

meter atau lebih. Penutup kolam yang paling umum menggunakan bahan *High Density Polyethylene* (HDPE) atau *Polyvinyl Chloride* (PVC). Fungsi dari penutup kolam tersebut untuk menangkap biogas yang dihasilkan dari limbah cair tersebut sehingga bisa dimanfaatkan (Zulkifli, 2016). Kemampuan *covered lagoon* dalam menangkap biogas dari beberapa perusahaan swasta yang sudah menggunakan mampu mencapai 90% tergantung dari perawatan kolamnya (Febijanto, 2018). Para peneliti telah mengetahui sejak lama metode penangkapan gas metana di kolam pengolahan air limbah ini, akan tetapi belum banyak diimplementasikan di Indonesia karena biayanya yang tinggi (Febijanto, 2010).

Melihat manfaat *methane capture* sebagai salah satu upaya mengurangi emisi gas metana serta sebagai salah satu sumber energi terbarukan dan *benefit* insentif ISCC yang bisa diperoleh dalam pemanfaatannya, seharusnya teknologi ini berkembang dan digunakan luas pada pabrik sawit di Indonesia. Akan tetapi dari total 740 pabrik kelapa sawit pada tahun 2016 baru 39 pabrik yang menggunakan teknologi *methane capture* (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, 2016). Bagi pemerintah sebetulnya ada potensi penerapan pajak karbon terhadap gas metana yang tidak dikelola oleh pabrik kelapa sawit. Sesuai pasal 13 ayat (3) Undang-Undang Nomor 7 tahun 2021, tentang penerapan pajak karbon dimana saat ini pajak karbon baru berlaku untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batubara dan di tahun 2025 direncanakan implementasi pajak karbon diperluas untuk sektor lainnya.

Dari permasalahan inilah digunakan metode *Benefit Cost Analyst* (BCA) dengan melakukan pendekatan secara sistematis untuk mendapatkan rekomendasi kebijakan yang memungkinkan analisis membandingkan dan menganjurkan suatu kebijakan dengan menghitung total biaya dalam bentuk uang dan total keuntungan dalam bentuk uang (Astuti *et al.*, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar reduksi gas metana yang bisa ditangkap oleh teknologi *methane capture* serta mengetahui nilai finansial pemanfaatan gas metana baik dari sisi finansial perusahaan maupun bagi lingkungan hidup. Dengan mengetahui nilai manfaat dari teknologi *methane capture* ini sehingga bisa memberikan rekomendasi terbaik dalam upaya mereduksi gas metana yang dihasilkan dari limbah cair pabrik kelapa sawit.

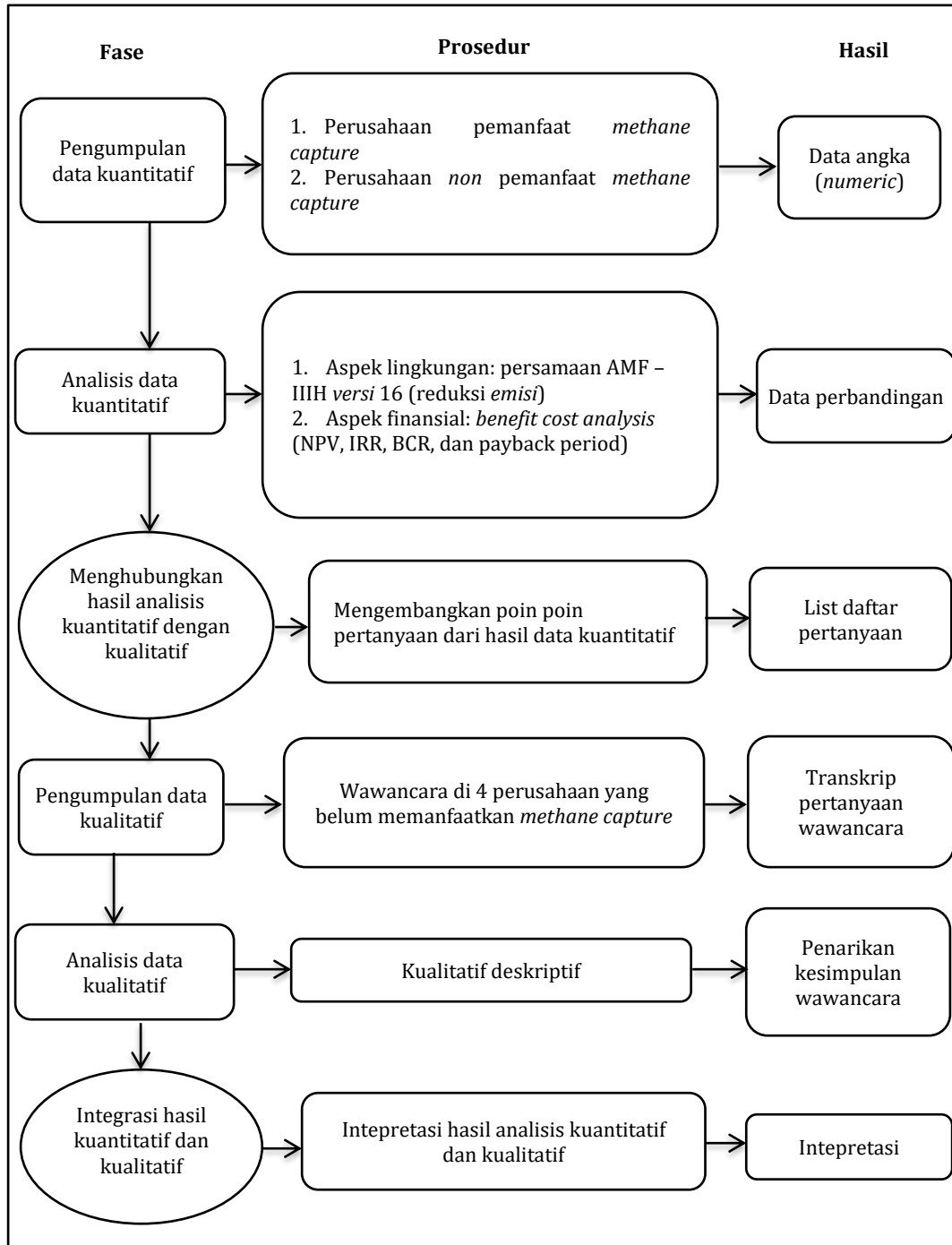
2. Metode Penelitian

Dalam analisis manfaat teknologi *methane capture* ini peneliti menggunakan pendekatan *mixed method research*. Pendekatan *mixed method* terdiri dari kegiatan mengumpulkan, menganalisis, dan mengintegrasikan metode kuantitatif dengan metode kualitatif pada suatu penelitian sehingga bisa memahami permasalahan dari penelitian tersebut (Creswell, 2015). Pendekatan *mixed method* bertujuan untuk melihat suatu permasalahan yang

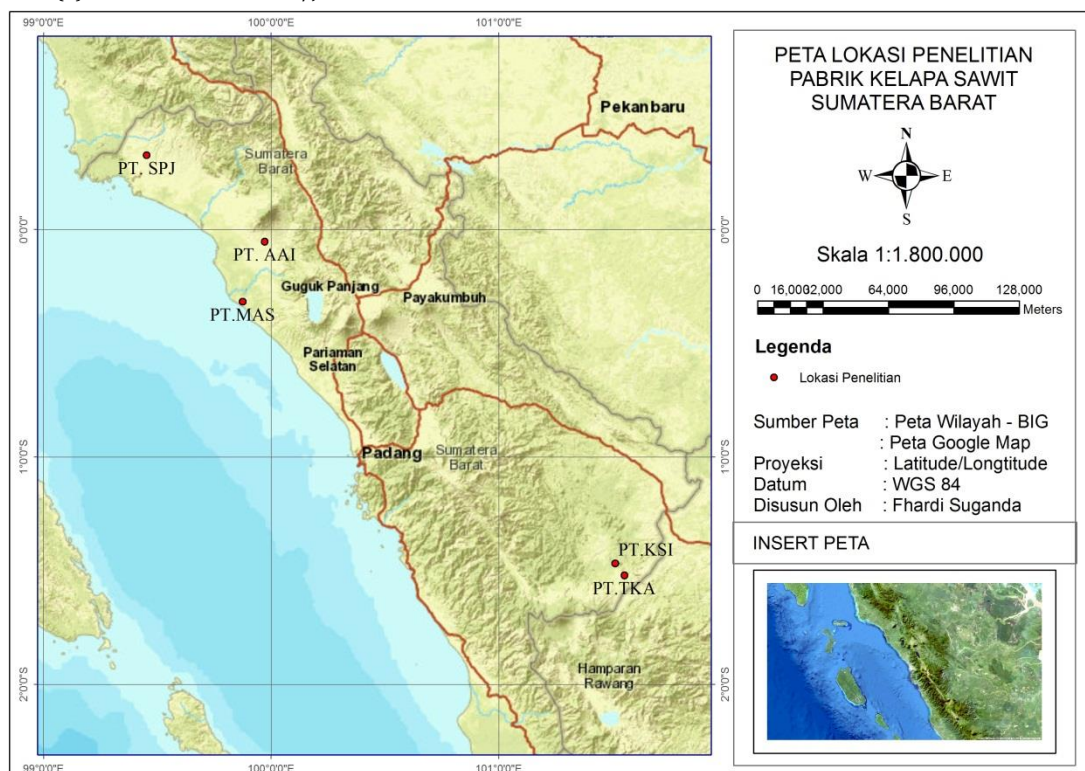
lebih kompleks, dapat membandingkan hasil dari beberapa penelitian, serta mampu mengintegrasikan hasil dari penelitian kualitatif dan penelitian kuantitatif sehingga memperoleh hasil penelitian yang lebih dalam dan menyeluruh.

Penelitian ini terdiri dari 2 fase. Tahapan pertama adalah fase kuantitatif dimana dilakukan pengumpulan data dan analisis data. Pada tahapan

kedua adalah fase kualitatif dilakukan pengumpulan data serta analisis data. Kedua tahapan ini disebut dengan *explanatory design* yang diawali fase kuantitatif kemudian baru fase kualitatif. *Explanatory design* ini digunakan ketika tujuan penelitian untuk menguraikan, mengelaborasi, serta menjelaskan hasil temuan penelitian kuantitatif.



Gambar 1. Analisis Data



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit yang telah menggunakan teknologi *methane capture* dan belum menggunakan *methane capture* di Provinsi Sumatera Barat. Dimana untuk teknologi *methane capture* di PT. KSI yang berada di Sungai Kunyit Solok Selatan dan yang belum menggunakan *methane capture* di PT. TKA di Nagari Talao Sungai Kunyit Solok Selatan dimana kedua pabrik kelapa sawit ini posisinya bersebelahan.

Untuk wawancara narasumber pabrik yang bukan pemanfaat gas metana dilakukan di PT. TKA, PT.MAS, PT. AAI dan di PT. SPJ. Dimana masing pabrik ini berada di grup yang berbeda beda.

2.1 Fase Kuantitatif

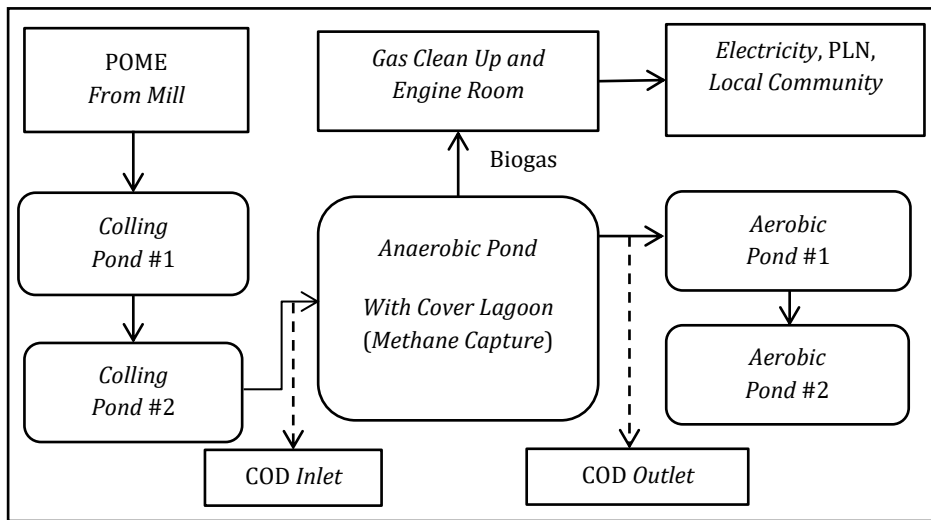
Penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang menekankan pada analisis data-data *numerical* (angka) yang diolah dengan metode statistik. Pada dasarnya pendekatan kuantitatif dilakukan pada penelitian *inferensial* (pengujian hipotesis) dan menyandarkan kesimpulan hasilnya pada suatu probabilitas kesalahan penolakan hipotesis no (nihil). Dengan metode kuantitatif akan diperoleh signifikan perbedaan kelompok atau signifikansi hubungan antar variabel yang diteliti (Sudaryana, 2022).

Penelitian kuantitatif dilakukan di 2 perusahaan yaitu di PT. KSI (pabrik pemanfaat gas metana) dan PT. TKA (pabrik *non* pemanfaat gas metana). Alasan pemilihan 2 perusahaan ini dengan pertimbangan

perusahaan tersebut berada bersebelahan dengan situasi lingkungan dan sosial masyarakat yang sama. Menurut Sugiyono (2014:54) komparatif adalah penelitian yang membandingkan keadaan satu variabel atau lebih pada dua atau lebih sampel yang berbeda, atau dua waktu yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan dua atau lebih fakta-fakta dan sifat-sifat objek yang diteliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu.

2.1.1 Analisis Manfaat Lingkungan

Analisis aspek lingkungan untuk perusahaan pemanfaat teknologi *methane capture* dilakukan perhitungan seberapa besar reduksi emisi gas metana yang bisa ditangkap oleh sistem instalasi *methane capture* sementara untuk perusahaan *non* pemanfaat gas metana dapat dihitung potensi emisi gas metana dari pengolahan limbah cairnya (kolam 2 anaerobik) serta mengetahui emisi gas buang dari kedua model pembangkit listrik tersebut. Penelitian ini hanya mengambil potensi emisi gas metana pada kolam anaerobik baik untuk pabrik yang memanfaatkan gas metana maupun pabrik yang belum memanfaatkan gas metana, dikarenakan pada kolam inilah terjadi fermentasi metana. Pada Gambar 3 bisa dilihat sampel COD diambil pada *inlet* sebelum limbah cair masuk ke kolam anaerobik dan sampel COD setelah air keluar dari kolam anaerobik.



Gambar 3. Potensi pengolahan limbah cair PKS sebagai methane capture & electricity

Untuk menghitung *recovery* metana dari pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit, peneliti menggunakan persamaan AMS-III versi 16 (UNFCCC, 2010).

a. Reduksi Emisi (ER)

$$ERY = BE_y - (PE_y + Ley) \quad (1)$$

ERY : Pengurangan emisi pada tahun y (t-CO₂e)

BE_y : Emisi dasar dari pengolahan limbah cair pada tahun y (t-CO₂e)

PE_y : Emisi aktivitas proyek pada tahun y (t-CO₂e)

Ley : Emisi karena kebocoran pada saat penyaluran biogas (t-CO₂e)

b. Emisi Dasar (BE_y)

$$BE_y = \{ BE_{power,y} + BE_{ww,treatment,y} + BE_{s,treatment,y} + BE_{ww,discharge,y} + BE_{s,final,y} \} \quad (2)$$

BE_y adalah potensi emisi yang ada, untuk penelitian ini hanya menghitung BE_{ww,treatment,y} merupakan emisi *baseline* dari pengolahan limbah cair (*anaerobic pond*).

c. Emisi Pengolahan Limbah (BE_{ww,treatment,y})

$$\sum (Q_{ww,i,y} * COD_{inflow,i,y} * \eta_{COD,BL,i} * MCF_{ww,treatment,BL,i} * Bo_{ww} * UF_{BL} * GWP_{CH4}) \quad (3)$$

Dimana:

BE_{ww,treatment,y} : Emisi dasar dari pengolahan limbah cair yang dipengaruhi aktivitas proyek pada tahun y (t-CO₂e)

Q_{ww,i,y} : Volume total limbah cair yang diolah pada sistem penanganan dasar i selama tahun y (m³)

COD_{inflow,i,y} : Nilai COD pada limbah cair sebelum masuk pada sistem i pada tahun y (t/m³)

η_{COD,BL,i} : Nilai efisiensi reduksi COD dalam sistem i

Bo_{ww} : Nilai produksi gas metana dari limbah cair (nilai IPCC sebesar 0,25 kg CH₄/kg COD)

UF_{BL} : Faktor koreksi ketidakpastian model (0,89)

GWP_{CH4} : Nilai potensi pemanasan global metana (21)

MCF_{ww,treatment,BL,i} : Nilai faktor koreksi metana untuk sistem i (0,8)

Selain menghitung emisi dasar, dalam berjalannya *project* ada potensi emisi gas yang tidak di tangkap oleh instalasi *methane capture* karena faktor efisiensi instalasi dan faktor emisi *flaring* yang tidak sempurna. Selanjutnya juga dihitung potensi emisi *fugitive (inefisiensi)* dan emisi *flaring* dengan persamaan sebagai berikut:

$$d. \text{ Inefisiensi Instalasi Methane Capture } (PE_{fugitive,ww,y}) \\ (1 - CFE_{ww}) * (Q_{ww,i,y} * Bo_{ww} * UF_{Pj} * \sum_{k,y} COD_{removed,Pj,k,y} * MCF_{ww,treatment,Pj,k}) * GWP_{CH4} \quad (4)$$

Dimana :

PE_{fugitive,ww,y} : Emisi *fugitif* karena *inefisiensi* penangkapan gas metana pada sistem pengolahan limbah cair (t-CO₂e)

CFE_{ww} : Efisiensi penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah cair (nilai standar 0,9)

Q_{ww,i,y} : Total volume limbah cair yang diolah dalam sistem penanganan dasar i pada tahun y (m³)

Bo_{ww} : Kapasitas produksi gas metana dari limbah cair (nilai IPCC sebesar 0,25 kg CH₄/kg COD)

UF_{Pj} : Faktor koreksi ketidakpastian model (1,21)

COD_{removed,Pj,k,y} : Nilai COD yang berkurang oleh sistem k pada aktivitas proyek dilengkapi dengan *recovery* biogas pada tahun y (t/m³)

MCF_{ww,treatment,Pj,k} : Faktor koreksi metana untuk sistem k yang dilengkapi dengan peralatan *recovery* biogas (0,8)

GWP_{CH4} : Potensi pemanasan Global metana (21)

e. Emisi *flaring* yang tidak sempurna (PE_{flaring,y})

$$\sum (Q_{ww,i,y} * COD_{inflow,i,y} * \eta_{COD,BL,i} * MCF_{ww,treatment,BL,i} * Bo_{ww} * UF_{BL}) \quad (5)$$

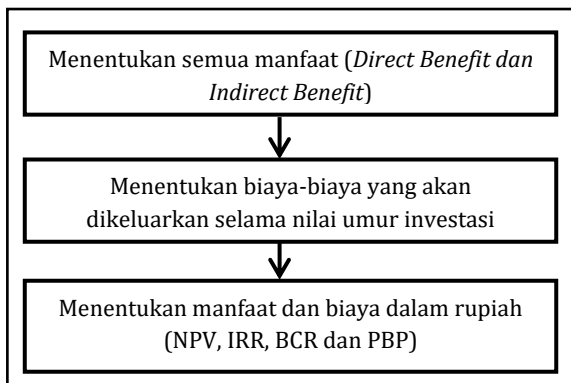
Dimana :

- $BE_{ww,treatment,y}$: Emisi dasar dari sistem pengolahan limbah cair yang dipengaruhi aktivitas proyek pada tahun y ($t-CO_2e$)
- $Q_{ww,i,y}$: Total volume limbah cair yang diolah dalam sistem penanganan dasar I pada tahun y (m^3)
- $COD_{inflow,i,y}$: Nilai COD pada limbah cair *inflow* dalam sistem i pada tahun y (t/m^3)
- $\eta_{COD,BL,i}$: Efisiensi reduksi COD dalam sistem i
- Bo_{ww} : Kapasitas produksi metana dari limbah cair (nilai IPCC sebesar 0,25 kg CH_4 /kg COD)
- UF_{BL} : Faktor koreksi untuk ketidakpastian model (0,89)
- GWP_{CH_4} : Potensi pemanasan global metana (21)
- $MCF_{ww,treatment,BL,i}$: Faktor koreksi metana untuk sistem i (0,8)

2.1.2 Analisis Manfaat Finansial

Analisis manfaat finansial ditinjau dari sudut pandang investor sebagai pemilik proyek. Pengadaan teknologi biogas membutuhkan belanja modal yang besar. Perusahaan harus mempertimbangkan untuk menggunakan teknologi *methane capture* ini karena tingginya biaya awal (*capital cost*). Untuk alasan ini, analisis biaya manfaat (BCA) harus dilakukan untuk memastikan hasil yang menguntungkan.

Gambar 4 berikut menggambarkan kerangka konseptual yang mendasari analisis biaya dan manfaat penelitian ini. Kerangka konsep ini digunakan pada perbandingan 2 model penanganan limbah cair yang ada pada pabrik kelapa sawit serta manfaat dari sisi finansial oleh gas metana yang ditangkap oleh sistem pengolahan tersebut. *Benefit Cost Analysis* yaitu metode yang memperhitungkan efisiensi dan rasionalitas ekonomi dan investasi tersebut. Dengan kata lain, suatu pilihan akan dilaksanakan manakala manfaat yang ditimbulkan lebih tinggi dari biaya yang dikeluarkan dan sebaliknya berdasarkan teknik ini, suatu pilihan akan dihindari saat manfaat yang didapat tidak sebanding dengan biaya yang dikeluarkan (Abdillah, 2019).



Gambar 4. Kerangka Konsep *Benefit Cost Analysis*

Dalam penelitian ini asumsi *benefit* diperoleh dari keuntungan perusahaan yang bisa diperoleh, sementara untuk *cost* diperoleh dari biaya yang harus dikeluarkan dalam investasi awal serta beban biaya yang harus ditanggung dalam jangka waktu umur investasi tersebut.

Soeharto (2002) menyatakan, ada beberapa persamaan yang bisa digunakan dalam menghitung kelayakan suatu investasi sebagai berikut:

a. *Net Present Value* (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C)_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(Co)_t}{(1+i)^t} \quad (6)$$

b. *Internal Rate of Return* (IRR)

$$\sum_{t=0}^n \frac{(C)_t}{(1+IRR)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(Co)_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (7)$$

c. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

$$BCR = \frac{|PV[Benefit]|}{|PV[Cost]|} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{|CF_t [Benefit]|}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{|CF_t [Cost]|}{(1+i)^t}} \quad (8)$$

d. *Payback Periode* (PBP)

$$\frac{t_1 - PBP}{t_1 - t_2} = \frac{kumulatif\ cash\ flow_{1-0}}{kumulatif\ cash\ flow_{1-} - kumulatif\ cash\ flow_{2-}} \quad (9)$$

Peneliti membuat beberapa skenario sebagai opsi yang bisa dipilih oleh perusahaan. Pada tabel 1 pertimbangan skema ini dibuat dengan melihat potensi manfaat aktual yang bisa terjadi pada lokasi penelitian. Dengan data aktual yang diperoleh ini sehingga hasil penelitian lebih menginterpretasikan kondisi aktual yang terjadi di lapangan, dan mampu memberi rekomendasi yang diharapkan perusahaan.

2.2 Fase Kualitatif

Penelitian kualitatif lebih menekankan analisisnya pada proses penyimpulan deduktif dan induktif serta pada analisis terhadap dinamika hubungan antar fenomena yang diamati, dengan menggunakan logika ilmiah. Ini bukan berarti pendekatan kualitatif sama sekali tidak memakai dukungan data kuantitatif akan tetapi penekanannya tidak pada pengujian hipotesis, melainkan pada usaha menjawab pertanyaan penelitian melalui cara berpikir formal dan argumentatif (Sudaryana, 2022).

Metode penelitian yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus yang dimulai dengan mengidentifikasi suatu kasus secara spesifik dan mendalam. Kuncinya untuk mendefinisikan suatu kasus yang dapat dibatasi atau dideskripsikan dalam parameter tertentu. Penelitian studi kasus bertujuan untuk mengilustrasikan suatu kasus yang unik, memiliki kepentingan yang tidak biasa, dan perlu dideskripsikan secara terperinci (Creswell, 2018).

Creswell juga mengatakan bahwa studi kasus mempelajari suatu peristiwa, aktivitas, program, individu maupun kelompok. Dalam metode ini digunakan banyak sumber baik lewat wawancara, observasi, maupun studi dokumen. Studi kasus kualitatif memperlihatkan pemahaman kasus secara mendalam dan terperinci, karena dalam penelitian ini tidak hanya mengandalkan hasil pengumpulan data namun peneliti sebagai salah satu instrumen utama juga mengambil andil mendeskripsikan kasus tersebut untuk menghasilkan hasil penelitian yang lebih sempurna (Creswell, 2018).

Tabel 1. Skenario aspek finansial

Teknologi Pengolahan POME	Skenario	Benefit	Cost	Batasan Kajian
Methane Capture	1	Daya Listrik	Biaya Investasi Karyawan, Operasional dan Perawatan	Daya listrik aktual tahun 2020
	2	Premium Price (ISCC)	Biaya Investasi Karyawan, Operasional dan Perawatan	Asumsi jika seluruh produksi CPO aktual tahun 2020 terjual ke market eropa (<i>premium price</i>)
	3	Daya listrik + Premium Price (ISCC)	Biaya Investasi Karyawan, Operasional dan Perawatan	Manfaat daya listrik aktual tahun 2020 ditambah manfaat ISCC
Kolam Terbuka	4	Daya listrik genset (<i>Fossil Fuel</i>)	Biaya Investasi Karyawan, Operasional dan Perawatan	Daya listrik aktual tahun 2020
	5	Daya listrik Genset (<i>Fossil Fuel</i>) setara daya listrik <i>Methane Capture (Renewabel Energy)</i>	Biaya Investasi Karyawan, Operasional dan Perawatan	Asumsi daya listrik genset setara dengan daya listrik MC
	6	Daya listrik genset (<i>Fossil Fuel</i>)	Biaya Investasi Karyawan, Operasional, Perawatan dan Pajak Karbon	Asumsi seluruh potensi emisi karbon yang dihasilkan diberikan pajak karbon

2.2.1 Wawancara Narasumber

Dalam melakukan penelitian, peneliti akan menyelidiki isu dengan membatasi individu yang berhubungan dengan isu tersebut. Penelitian dilanjutkan dengan mengumpulkan cerita-cerita yang kemudian dijelaskan secara naratif. Selanjutnya individu-individu yang bersangkutan akan diwawancarai untuk mendapatkan informasi yang bersifat lebih pribadi (Creswell, 2018).

Sifat penelitian ini deskriptif yang bertujuan untuk memaparkan data secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai realitas yang sedang atau sudah terjadi tanpa ada perlakuan terhadap subjek penelitian (Kriyantono, 2012). Dengan demikian, melalui penelitian kualitatif deskriptif, peneliti ingin menyajikan perbandingan secara teknis dan finansial dari penerapan teknologi *methane capture* serta memberikan rekomendasi sehingga *methane capture* ini menarik dan bisa di aplikasikan pada pabrik kelapa sawit.

Adapun yang ingin diketahui oleh peneliti dalam wawancara diantaranya ;

- Mengetahui apakah gas metana dari limbah cair dilakukan pengelolaan.
- Mengetahui apakah teknologi *methane capture* sudah tersosialisasi dengan baik.
- Mengetahui alasan tidak memanfaatkan teknologi *methane capture* selain faktor finansial.
- Mengetahui pendapat perusahaan apabila diterapkan pajak karbon pada GRK yang tidak dikelola.
- Harapan perusahaan terhadap pemerintah sehingga tertarik menggunakan teknologi *methane capture*.

2.2.2 Participant

Menurut Creswell (2018) *participants* adalah individu-individu yang dipilih karena dapat membantu peneliti untuk mengerti lebih lagi terhadap masalah yang diteliti. Jumlah *participants* tidak perlu banyak dan juga memilihnya tak harus menggunakan metode sampling. Di dalam penelitian ini, sudah dipilih 4 *participants*, yaitu;

- Informan A (*Sustainability Manager* PT. TKA)

Tugas utama *sustainability manager* adalah merencanakan dan mengkoordinasikan sistem manajemen lingkungan. Sistem ini mencakup kebijakan dan strategi yang menguraikan proses, prosedur, dan protokol yang harus diikuti oleh organisasi. Strategi dan kebijakan ini memastikan bisnis mematuhi peraturan lingkungan. Disamping juga membantu mengelola biaya dan sumber daya yang terkait dengan listrik, air, limbah, emisi karbon, dan polusi.

- Informan B (KTU PT. AAI)

Kepala Tata Usaha di kebun dan pabrik memegang peran penting dalam bidang keuangan. Melalui KTU, efektifnya sebuah proses keuangan ditentukan. Dimana proses perencanaan, pengelolaan, dan pengawasan dapat berjalan dengan baik.

- Informan C (*Mill Manager* PT. SPJ)

Tugas utama dari *mill manager* adalah merencanakan seluruh kegiatan di pabrik untuk mencapai target yang sudah dibuat, mengevaluasi budget tahun berjalan untuk digunakan secara efektif, mengarahkan pengeluaran biaya operasional untuk *control cost*, mengidentifikasi permasalahan yang timbul pada *process* pengolahan kelapa sawit untuk menekan *losses* agar target tercapai.

- Informan D (*Mill Manager* PT. MAS)

Tugas utama dari *mill manager* adalah merencanakan seluruh kegiatan di pabrik untuk mencapai target yang sudah dibuat, mengevaluasi budget tahun berjalan untuk digunakan secara efektif, mengarahkan pengeluaran biaya operasional untuk *control cost*, mengidentifikasi permasalahan yang timbul pada *process* pengolahan kelapa sawit untuk menekan *losses* agar target tercapai.

Penelitian kualitatif dilakukan di 4 perusahaan yang belum melakukan pengelolaan pada gas metana yang dihasilkannya. Alasan pemilihan 4 perusahaan ini dengan pertimbangan data yang diperoleh sudah jenuh atau tidak ada informasi baru lagi yang diperoleh. Menurut Subadi (2006), pemilihan

informan dengan sendirinya perlu dilakukan secara purposif (bukan secara acak) yaitu atas dasar apa yang diketahui tentang variasi-variasi yang ada atau elemen- elemen yang ada atau sesuai kebutuhan penelitian. Dengan kata lain jika suatu penelitian sudah tidak ada informasi yang dibutuhkan lagi (data yang diperoleh sudah dianggap cukup) maka peneliti tak perlu lagi melanjutkannya dengan mencari informasi atau informan lain (sampel baru). Artinya jumlah sampel/ informan bisa sangat sedikit, tetapi bisa juga sangat banyak.

2.2.3 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian kualitatif akan dianalisis. Menurut Creswell (2018) terdapat 6 langkah untuk menganalisis data secara kualitatif yaitu pada Gambar 5.

Tahap pertama dimulai dengan mengumpulkan data-data yang masih mentah seperti transkrip, dokumen, gambar. Dilanjutkan dengan tahap kedua di mana data-data tersebut mulai disusun, untuk transkrip bisa dicatat menjadi bentuk tulisan, untuk foto bisa diberi label, dan lain lain. Di tahap ketiga adalah proses membaca data secara keseluruhan yang akan membantu pada proses keempat di mana data-data tersebut akan dipisahkan sesuai dengan kategori dan jenis informasinya. Di tahap kelima, data tersebut mulai dicocokkan dengan teori yang ada dan di tahap keenam akan menjelaskan data tersebut dengan teori yang sesuai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Fase Kuantitatif

3.1.1 Aspek Lingkungan

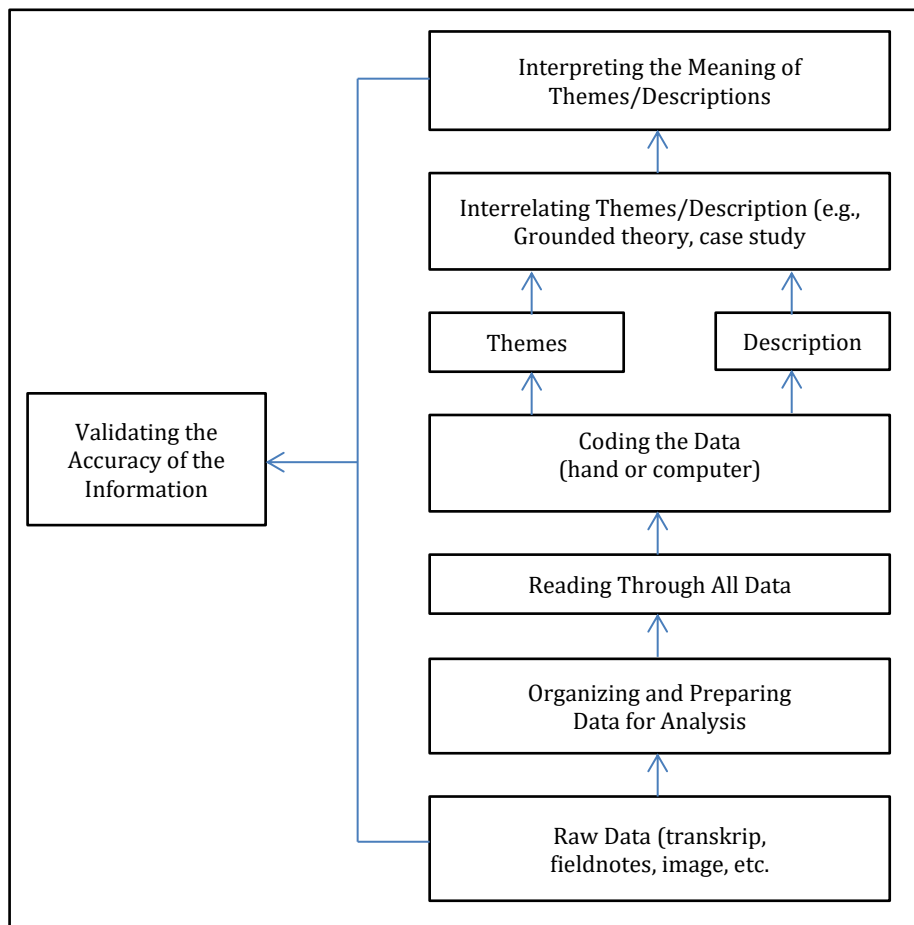
3.1.1.1 Pabrik Pemanfaat *Methane Capture*

PT. KSI mempunyai kapasitas pabrik terpasang sebesar 45 ton TBS/jam. Operasional pabrik 12 jam sehari dan 360 hari per tahun. Pada tahun 2020 pabrik mengolah tandan buah segar sebanyak 178.000 ton, dengan produksi tersebut pabrik akan menghasilkan limbah cair 106.000 m³ per tahun. Rata-rata nilai COD *in flow* 52.000 mg/l serta nilai COD *out flow* 4.900mg/l pada kolam anaerobik (*covered lagoon*).

Hasil perhitungan Emisi Dasar (BEy) dari kolam anaerobik diperoleh emisi gas metana yang dihasilkan 18.673,42 t-CO₂e, untuk emisi yang terlepas karena *inefisiensi* ($PE_{fugitive,ww,y}$) dari instalasi *covered lagoon* diperoleh 265,95 t-CO₂e serta emisi karena *flaring* yang tidak sempurna ($PE_{flaring,y}$) diperoleh emisi 889,68 t-CO₂e. Emisi yang ditimbulkan karena kebocoran dari instalasi tidak ada. Sehingga untuk emisi yang bisa ditangkap oleh instalasi *methane capture* sebagai berikut:

Reduksi Emisi (ER)

$$\begin{aligned} ER_y &= BE_y - (PE_y + LE_y) \\ ER_y &= 18.673,42 - ((265,95 + 889,68) + 0) \\ &= 17.517,79 \text{ t-CO}_2\text{e} \end{aligned}$$



Gambar 5. Teknik Analisis Data Kualitatif Menurut Creswell

Pemanfaat *methane capture* dengan model *covered lagoon* mampu menangkap 17.517,79 Ton CO₂e (93,81%) sementara untuk emisi yang dilepas sebanyak 1.154,68 Ton CO₂e (*inefisiensi + flaring*).

Menurut Febijanto (2010), dalam penelitiannya juga menghitung pengurangan emisi gas metana dari pemanfaatan *methane capture* dimana potensi emisi yang dihasilkan pabrik 18.083 Ton CO₂e dan emisi yang bisa dikurangi 14.029 Ton CO₂e (80 %). Penelitian Fadillah (2018), perhitungan emisi dari pengurangan CH₄ dengan metode IPCC maka nilai penurunan emisi di PT. BNT dengan adanya biogas *power plant* akan berkurang sebanyak 83,83%.

3.1.1.2 Pabrik Non Pemanfaat Methane Capture

Analisis potensi reduksi gas metana yang dihasilkan dari kolam anaerobik pabrik yang belum memanfaatkan gas metana juga menggunakan persamaan AMS-III.H versi 16. Selanjutnya yang membedakan untuk pabrik yang belum menggunakan *methane capture*, emisi dasar akan dilepaskan ke udara seluruhnya.

PT. TKA mempunyai pabrik kelapa sawit dengan kapasitas produksi sebesar 65 ton TBS/jam. Operasional pabrik selama 16 jam sehari dan 300 hari dalam setahun. Pada tahun 2020 Tandan Buah Segar (TBS) diolah sebanyak 284.000 ton, dengan produksi tersebut pabrik menghasilkan limbah cair 170.400 m³ per tahun. Nilai COD *in flow* 79.023 mg/l dan nilai COD *out flow* 59 mg/l pada kolam anaerobik. Pabrik yang tidak memanfaatkan gas metana berpotensi melepaskan seluruh emisi gas metananya ke udara karena kolam limbahnya berbentuk *open lagoon*. Hasil dari perhitungan emisi gas metana sebanyak 50.319 Ton CO₂e.

3.1.2 Aspek Finansial

3.1.2.1 Pabrik Pemanfaat Methane Capture

Manfaat finansial dari suatu investasi dapat diketahui dari laporan penerimaan dan pengeluaran keuangan perusahaan dalam waktu umur investasi. PT. X memiliki sistem instalasi *methane capture* dengan tegangan rendah (*low Voltage*) dan daya listrik yang dihasilkan dibawah 1 MW. Nilai listrik per kWh diasumsikan yang berlaku untuk PT. X sebesar Rp. 2.115,54/kWh dengan *kurs* dollar Rp. 14.000 (Harga berdasarkan Permen ESDM No. 21 Tahun 2016).

Daya listrik yang diperhitungkan dalam penelitian ini berasal dari besaran daya aktual yang dihasilkan oleh genset pada tahun 2020. Daya aktual yang dihasilkan oleh *gas engine* di 300kVA atau per harinya sebesar 6.000 kWh/hari. PT. KSI juga memperoleh *premium price* dari produk CPO dan turunan yang mereka bisa di jual di pasar Eropa dan memperoleh insentif 30\$ / ton CPO. Insentif ini diterima karena PT. KSI memiliki sertifikat ISCC sebagai bentuk kepatuhan terhadap persyaratan *Renewable Energy Directive* (RED). Persyaratan utama dalam EU RED untuk energi terbarukan ini yaitu batas Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari

industri tersebut sehingga diizinkan untuk mengeksport biofuel atau bahan baku biofuel ke Eropa.

Tabel 2. Benefit dan Cost Pabrik Pemanfaat Gas Metana

No	Uraian	Tahun ke 0	Tahun ke 1 Sampai tahun 20
A Benefit			
1	Penerimaan energi 6000kWh/day Tarif energi Rp.2115,54/kWh	-	4.569.560.000
2	Insentif CPO Price (ISCC) Insentif 30\$/ton CPO	-	9.612.000.000
B Cost			
1	Investasi	31.144.500.000	-
2	Biaya SDM Meliputi (1 forman, 3 Operator, 6 Security)	-	840.000.000
3	Biaya operasional (Meliputi: Kebutuhan umum)		122.820.000
4	Biaya Maintenance (Meliputi: Pergantian sparepart instalasi <i>methane capture</i>)		300.000.000

Sumber: PT. X (diolah)

Analisis manfaat finansial menggunakan beberapa kriteria investasi diantaranya *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Payback Period* (PBP). Pada penelitian ini dilakukan beberapa skema model manfaat yang berpotensi terjadi di perusahaan tersebut. Dari beberapa skenario diperoleh hasil perhitungan finansial sebagai berikut;

a. Skenario 1 Nilai Daya Listrik (daya aktual)

Jika suatu perusahaan melakukan instalasi pengolahan gas metana serta memanfaatkannya sebagai penghasil listrik maka investasi tersebut merugi karena diperoleh nilai NPV Rp. - 6.444.990.000 (tidak layak), nilai IRR 9% masih dibawah discount factor yang dipakai di 12%, nilai BCR juga 0,84 < 1 (kecil dari 1) sehingga *cost* lebih besar dari *benefit*, dikarenakan seluruh aspek NPV, IRR, dan BCR tidak layak sehingga waktu pengembalian modal tidak akan tercapai.

Menurut Sodri dan Fetriana (2022), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa pembangkit biogas di lokasi penelitian memiliki profitabilitas yang rendah, dengan NPV sebesar Rp. -1.281.136.274 dan nilai IRR sebesar 6,75%. Hasil penelitian tersebut menjelaskan mengapa pembangkit listrik tenaga biogas dari POME kurang menarik bagi investasi ekonomi di Indonesia.

Pendapat ini juga didukung oleh Febijanto (2020), dimana dalam penelitiannya menjelaskan pemanfaatan *methane capture* sebagai pembangkit listrik dan di jual ke PLN tidak layak karena NPV menunjukkan nilai negatif.

b. Skenario 2 ISCC insentif

Jika suatu perusahaan memanfaatkan teknologi *methane capture* yang hanya memanfaatkan *methane capture* itu sebatas mengambil *benefit* dari *premium price* harga CPO yang bisa diperoleh maka akan didapat nilai NPV Rp. 31.219.230.000 (layak), IRR 26,77% > 12% (layak), BCR 1,76 > 1 (layak) dan waktu pengembalian modal di 5,21 tahun. Sehingga disimpulkan skenario 2 ini layak untuk dilakukan.

Pendapat ini didukung oleh Rahayu et al. (2015) menyatakan, pembangunan instalasi penangkap metana seperti PLTBg layak secara keuangan untuk dijalankan berkat adanya insentif kredit karbon dari Mekanisme Pembangunan Bersih (MPB/CDM). Insentif kredit karbon ataupun *premium price* dari sertifikat ISCC merupakan 2 bentuk alternatif insentif sehingga *methane capture* ini layak dari aspek finansial.

c. Skenario 3 Daya Listrik + Insentif ISCC

Jika suatu perusahaan yang memanfaatkan teknologi *methane capture* memanfaatkan daya listrik serta memperoleh *premium price* dari pengelolaan gas metana yang dilakukannya maka diperoleh nilai NPV Rp. 63.808.660.000 (layak), IRR 41% > 12% (layak), BCR 2.59 > 1 (layak) dan waktu pengembalian modal selama 2,94 tahun. Sehingga skenario 3 ini layak diaplikasikan di pabrik kelapa sawit.

3.1.2.2 Pabrik Non Pemanfaat *Methane Capture*

PT. TKA saat ini memakai 3 sumber listrik diantaranya PLN, Genset dan Turbin. PLN dimanfaatkan untuk perumahan dan kantor sementara Genset dan Turbin dimanfaatkan untuk pabrik. Penggunaan genset berfungsi sebagai *start* awal karena pada tegangan awal turbin belum akan stabil dalam *start* awal operasional pabrik. Selanjutnya setelah dirasa cukup daya genset akan dimatikan dan daya listrik pabrik akan dibebankan ke turbin sepenuhnya. Berbeda dengan pabrik yang sudah memakai *methane capture* fungsi genset akan dialihkan ke gas *engine* (gas metana) yang dihasilkan *methane capture*. Maka dari itu perbandingan yang dipakai untuk gas *engine* (gas metana) adalah genset (Bahan bakar fosil).

Nilai daya listrik diasumsikan sama dengan harga beli daya listrik EBT oleh PLN yaitu biogas adalah senilai Rp. 2115,54/kWh (Permen ESDM No.21 tahun 2016). Total daya listrik yang diperhitungkan adalah daya aktual yang dihasilkan oleh genset pada tahun 2020. Daya aktual yang dihasilkan oleh genset bahan bakar solar di 640 kW atau per harinya sebesar 764 kWh/hari. Total genset bahan bakar solar yang ada pada pabrik sejumlah 2 unit.

Tabel 4. *Benefit dan cost* pabrik non pemanfaat gas metana

No	Uraian	Tahun ke 0	Tahun ke 1 Sampai tahun 20
A			
1	Penerimaan energi 764kWh/day Tarif energi Rp.2115,54/kWh	-	484.880.000
B			
1	Investasi	1.522.360.0000	-
2	Biaya SDM Meliputi (1 operator)		72.000.000
3	Biaya operasional (Pemakaian Bahan Bakar)	-	674.470.000
4	Biaya <i>Maintenance</i> (<i>Periodic</i> <i>Maintenance</i>)		93.000.000
5	Pajak karbon (Rp. 30 / kg CO ₂ e)		1.509.570.000

Sumber: PT. Y (diolah)

Penilaian kriteria investasi yang dilakukan pada perusahaan non pemanfaat gas metana juga menggunakan NPV, IRR, BCR, dan *Payback Period*. Pada penelitian ini dilakukan beberapa skenario yang berpotensi terjadi bagi pabrik yang belum mengelola gas metana diantaranya;

a. Skenario 4 Nilai daya listrik (daya aktual)

Jika suatu perusahaan melakukan instalasi genset yang berbahan bakar fosil akan diperoleh nilai NPV Rp. -4.170.990.000 (tidak layak), nilai IRR tidak bisa dihitung karena setiap tahunnya *cost* lebih besar dari *benefit* sehingga nilai IRR di bawah 0%, nilai BCR juga 0,52 < 1 (kecil dari 1) sehingga *cost* lebih besar dari *benefit*, dikarenakan seluruh aspek NPV dan BCR tidak layak sehingga waktu pengembalian modal tidak akan tercapai.

b. Skenario 5 *load* genset (*fossil fuel*) setara dengan gas *engine* (*methane capture*)

Dilakukan perbandingan antara genset berbahan bakar fosil dengan genset yang berbahan bakar gas metana dengan daya listrik yang sama (kWh yang sama) maka diperoleh nilai NPV Rp. -4.857.560.000, nilai IRR tidak bisa dihitung karena setiap tahunnya *cost* lebih besar dari *benefit* sehingga nilai IRR di bawah 0%, nilai BCR juga 0,86 < 1 (kecil dari 1) sehingga *cost* lebih besar dari *benefit*, dikarenakan seluruh aspek NPV dan BCR tidak layak sehingga waktu pengembalian modal tidak akan tercapai.

Tabel 3. Manfaat finansial pabrik pemanfaat gas metana

Skenario	Aspek Pemanfaatan	Teknologi	Manfaat Lingkungan	Manfaat Finansial			
			Potensi Penangkapan Gas Metana (%)	NPV (Rp)	IRR (%)	BCR	PBP (Tahun)
1	Nilai Daya Listrik			-6.444.990.000	9%	0,84	-
2	ISCC Insentif	<i>Methane Capture</i>	93,81%	31.219.230.000	26,77%	1,76	5,21
3	Daya Listrik (Gas Metana) + Insentif ISCC			63.808.660.000	41%	2,59	2,94

Sumber: Pengolahan dan analisis data

Tabel 5. Manfaat finansial pabrik non pemanfaat gas metana

Skenario	Aspek Pemanfaatan	Teknologi	Manfaat Lingkungan	Manfaat Finansial	
			Potensi Penangkapan Gas Metana	NPV (Rp)	BCR
4	Nilai Daya Listrik	<i>Non</i>		-4.170.990.000	0,52
5	Load genset (solar) setara gas engine	<i>Methane</i>	0%	-4.857.560.000	0,86
6	Daya listrik (genset) + pajak karbon	<i>Capture</i>		-15.446.640.000	0,21

Sumber: Pengolahan dan analisis data

Tabel 6. Hasil reduksi data wawancara narasumber

No	Tujuan wawancara narasumber	Reduksi Data			
		PT.TKA Manajer <i>sustainability</i>	PT.MAS <i>Mill Manager</i>	PT.AAI KTU	PT. SPJ <i>Mill Manager</i>
1	Metode Pengolahan Limbah cair	Metode kolam terbuka	Metode kolam terbuka	Metode kolam terbuka	Metode kolam terbuka
2	Mengetahui apakah gas metana dari limbah cair dilakukan pengelolaan	Tidak dilakukan pengelolaan	Tidak dilakukan pengelolaan	Tidak dilakukan pengelolaan	Tidak dilakukan pengelolaan
3	Mengetahui apakah teknologi <i>methane capture</i> sudah tersosialisasi dengan baik	Pernah ada konsultan yang melakukan feasibility studi, akan tetapi karena belum ekonomis tidak jadi dilakukan	Pernah mendengar, akan tetapi tidak terlalu paham dari sisi teknis maupun ekonomis pengelolannya	Pernah mendengar, namun sepengetahuan narasumber teknologi ini jarang di pakai	Mengetahui teknologi tersebut, akan tetapi jarang dipakai di pabrik sawit.
4	Mengetahui alasan tidak memanfaatkan teknologi <i>methane capture</i> selain faktor finansial	Ada alternatif sumber energy lain yang lebih mudah (biomassa) yang lebih dahulu dikenal	Prospek kedepan untuk teknologi ini yang masih diragukan	Dari sisi teknis dan operasional perusahaan belum familiar dengan teknologi ini	Belum adanya karyawan yang mengenal teknologi ini
5	Mengetahui pendapat perusahaan apabila diterapkan pajak karbon pada GRK yang tidak dikelola	Tidak setuju karena dengan penerapan pajak karbon akan menimbulkan penambahan biaya produksi yang akan berpengaruh pada harga produk akhir yang akan dibeli masyarakat	Tidak setuju, karena akan menimbulkan penambahan biaya produksi	Tidak setuju, karena akan menimbulkan penambahan biaya produksi	Kurang setuju, karena akan mempengaruhi biaya produksi
6	Harapan perusahaan terhadap pemerintah sehingga tertarik menggunakan teknologi <i>methane capture</i>	Pemerintah sebaiknya menyediakan pembiayaan yang saling menguntungkan	Pemerintah membantu dalam penyediaan teknologi karena investasi awal yang cukup mahal	Pemerintah diharapkan mau membantu dalam investasi teknologi ini	Adanya bantuan investasi dan tenaga ahli

c. Skenario 6 daya listrik + pajak karbon

Skenario 6 dimana pabrik yang tidak mengelola gas metana juga dibebankan pajak karbon maka diperoleh nilai NPV Rp. -15.446.640.000, nilai IRR tidak bisa dihitung karena setiap tahunnya *cost* lebih besar dari *benefit* sehingga nilai IRR di bawah 0%, nilai BCR juga 0,21<1 (kecil dari 1) sehingga *cost* lebih besar dari *benefit*, dikarenakan seluruh aspek NPV dan BCR tidak layak sehingga waktu pengembalian modal tidak akan tercapai.

Menurut Ardedia (2021) dalam penelitiannya, jumlah emisi yang dihasilkan dari 13 perusahaan sawit yang diteliti berdasarkan laporan keberlanjutan dengan pengungkapan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan adalah sebesar

6.384.430 ton CO₂eq. dengan total pengenaan pajak sebesar Rp. 191.532.885.900.

Dalam penelitian Hubah (2023), menyimpulkan bahwa dengan adanya penetapan kebijakan Pajak Karbon dapat mengurangi eksternalitas negatif akibat adanya emisi karbon. Selain itu, dengan adanya kebijakan ini, pendapatan negara dari pajak dapat meningkat.

3.2 Fase Kualitatif

3.2.1 Wawancara Narasumber

Salah satu yang menjadi hambatan utama dalam penerapan *methane capture* adalah investasi. Sesuai dengan hasil pengolahan data analisis finansial yang diperoleh sebelumnya dimana penggunaan genset diesel (bahan bakar fosil) lebih baik dari sisi finansial

dibanding pembangkit listrik yang berbahan bakar gas metana (*methane capture*). Investasi yang besar ini juga sependapat dengan penelitian sebelumnya menurut Faisal (2021), pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) dinilai masih membutuhkan biaya pengadaan dan operasional yang cukup tinggi dibanding energi konvensional dan energi fosil lainnya (minyak bumi dan batubara).

3.2.1.1 Gas metana hasil dari limbah cair pabrik kelapa sawit

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari proses degradasi zat-zat organik yang terkandung di dalam air limbah hasil proses ekstraksi tandan kosong menjadi minyak kelapa sawit. Pada umumnya biogas terdiri atas gas metana (CH₄) 50% sampai 70%, gas karbon dioksida (CO₂) 30% sampai 40%. Hidrogen (H₂) 5% sampai 10 % dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit (5,6) (Febijanto, 2010).

Narasumber yang diwawancarai mengetahui bahwa gas metana yang dihasilkan limbah cair PKS sebagai salah satu gas rumah kaca. Dan seberapa berdampak gas yang dihasilkan tersebut narasumber tidak terlalu mengetahui. Disamping itu belum adanya regulasi yang mengikat sehingga pengelolaan limbah cair dengan sistem kolam terbuka (*open lagoon*) masih diterapkan saat ini.

Methane capture adalah opsi yang bisa dipilih dalam pemanfaatan gas metana di kolam limbah baik itu sebagai energi atau pun dibakar saja (*flare*), karena bisa dimasukkan sebagai usaha untuk mengurangi efek GRK.

3.2.1.2. Ketertarikan pabrik kelapa sawit terhadap teknologi *methane capture*

Pada pabrik kelapa sawit, model pengelolaan kolam terbuka sudah lebih dahulu dikenal serta pengelolaan yang lebih mudah dan rendah biaya. Lebih dari 90% pabrik sawit di Indonesia menggunakan model kolam terbuka ini (*open lagoon*), *methane capture* mulai dikenal pada tahun 2009 beberapa pabrik kelapa sawit sudah memulai mengaplikasikannya berkat adanya insentif kredit karbon dari *Clean Development Mechanism* (CDM) sehingga *project methane capture* layak secara finansial pada tahun tersebut (Rahayu et al., 2015).

Pada awalnya, skema CDM berhasil. Sejak peluncuran CDM tahun 2008 sampai tahun 2012, hampir 6.600 proyek telah terdaftar dalam skema ini, sementara kredit pengurangan emisi bersertifikat berjumlah sekitar 1,2 miliar ton CO₂ telah dikeluarkan. Dengan semakin banyaknya kredit pengurangan emisi bersertifikat yang dikeluarkan, harga kredit secara bertahap turun menjadi €10 per ton CO₂. Namun penurunan harga mencerminkan keseimbangan penawaran dan permintaan kredit pada saat itu.

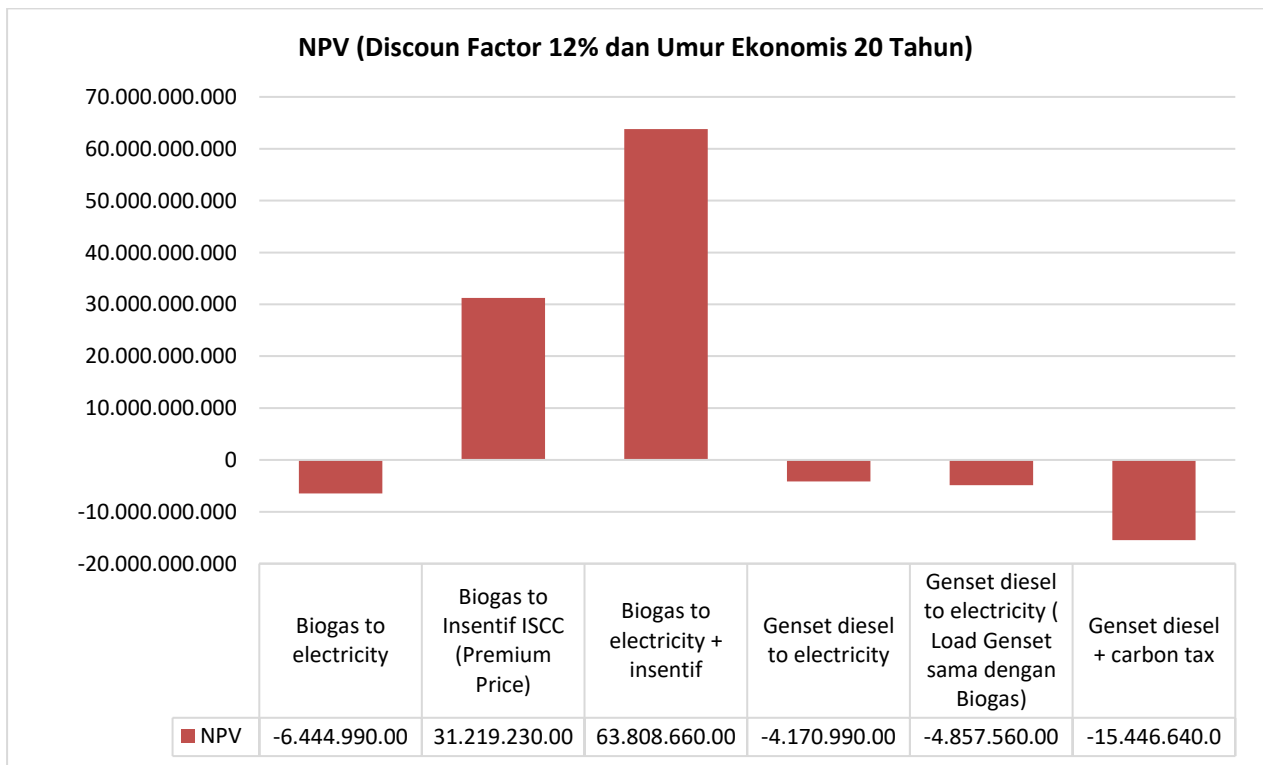
Namun pasar ini bukan tanpa masalah, salah satu masalah yang mungkin paling mendapat sorotan adalah terjadinya "*double counting*" suatu proyek. *Double counting* dapat terjadi saat negara pembeli sertifikat karbon dan negara penjual sertifikat karbon sama-sama melakukan klaim atas nilai absorpsi karbon suatu proyek CDM (Tampubolon, 2022). Pada akhirnya, pasar kredit pengurangan emisi tersertifikasi jatuh ke dalam 'kepanikan karbon' dan mekanisme penetapan harga tidak berfungsi sama sekali. Skema pembiayaan karbon internasional pertama di dunia telah gagal, hanya lima tahun setelah peluncurannya. Karena tidak banyaknya insentif yang tersedia setelah *project CDM* gagal sehingga menjadi salah satu alasan mengapa *methane capture* tidak terlalu dikenal oleh pabrik kelapa sawit.

Harapan dari perusahaan adalah adanya skema dari pemerintah sehingga dengan penerapan pajak karbon perusahaan tidak mendapatkan penambahan beban biaya produksi yang begitu berarti, sehingga masih bisa menjaga harga produk akhir yang dihasilkan dan masyarakat masih nyaman untuk membeli produk akhir dari pabrik kelapa sawit.

3.3 Diskusi

Hasil penelitian ini menunjukkan dengan pemanfaatan *methane capture* pabrik kelapa sawit akan mendapatkan 2 manfaat sekaligus sebagai manfaat *carbon capture* dan *renewable energy*. Pemanfaatan *methane capture* mampu menangkap gas metana sebanyak 17.517,79 t-CO₂e (93,81%) pada kolam anaerobik.

Valuasi ekonomi dari gas metana yang tertangkap tersebut dalam NPV adalah sebesar Rp. 31.219.230.000 selama 20 tahun umur ekonomisnya yang dihitung dari nilai ISCC insentif. Nilai ini menjadi semakin besar, yakni Rp. 63.808.660.000 apabila gas metana tersebut dimanfaatkan untuk membangkit tenaga listrik. Namun, perusahaan akan merugi apabila tidak mendapatkan ISCC insentif dari pasar Eropa dan Amerika Serikat, yakni NPV menjadi sebesar Rp. -6.444.990.000. Kerugian ini lebih besar dibandingkan dengan perusahaan yang menggunakan pembangkit listrik diesel yang berbahan bakar fosil, yakni dengan NPV Rp. -4.857.560.000. Ada selisih sebesar Rp. -1.587.430.000 yang menjadi *disinsentif* bagi perusahaan kelapa sawit dalam menggunakan teknologi *methane capture*. Apabila diterapkan pajak karbon untuk pabrik kelapa sawit yang tidak menggunakan teknologi *methane capture*, berdasarkan UU nomor 7 tahun 2021, maka diperoleh pabrik yang tidak memanfaatkan *methane capture* memperoleh pembebanan biaya yang lebih besar sehingga nilai NPV Rp. -15.446.640.000 dibanding sebelum diterapkannya pajak karbon.



Gambar 6. Diagram NPV Masing Masing Skema Manfaat Finansial

Penerapan *methane capture* bagi pabrik kelapa sawit patut dilakukan melihat efektifitas dari teknologi *methane capture* itu sendiri dalam mereduksi gas metana yang dihasilkan mencapai angka lebih 90%. Dengan jumlah pabrik pengolahan kelapa sawit di tahun 2021 sebanyak 827 unit tentunya akan memberikan akumulasi yang cukup baik dalam usaha mereduksi emisi gas metana (BPS, 2021). Penerapan *methane capture* ini juga sejalan dengan pemenuhan target NDC, yaitu reduksi emisi GRK sebesar 29% (*unconditional*) atau 41% (*conditional*) dari *Business as Usual* (BaU) di tahun 2030.

Upaya reduksi emisi gas metana sebetulnya sudah diadopsi pemerintah Indonesia dalam UU Nomor 7 Tahun 2021, bentuk penerapan pajak karbon bagi industri PLTU batubara dimana di tahun 2022 - 2024 diterapkan mekanisme pajak yang berdasarkan pada batas emisi (*cap and tax*). Tahun 2025 dan seterusnya, implementasi perdagangan karbon secara penuh dan perluasan sektor pemajakan pajak karbon dengan penahapan sesuai kesiapan sektor terkait dengan memperhatikan antara lain kondisi ekonomi, kesiapan pelaku, dampak, dan skala.

Skema *cap and tax* adalah gabungan penerapan Nilai Ekonomi Karbon (NEK) dengan menggunakan skema perdagangan karbon (*cap and trade*) dan skema pemajakan (*carbon tax*) dengan pendekatan emisi langsung. Industri yang sudah melewati batas emisi (*cap*) diwajibkan membayar kelebihan dari batas emisi yang dihasilkan (Sutartib, 2021). Sehingga akan ada keuntungan finansial bagi pabrik kelapa sawit yang memanfaatkan teknologi *methane capture* di satu sisi mengurangi beban pajak yang akan dikenakan bagi industri yang menghasilkan gas

rumah kaca (GRK) di sisi lainnya dengan skema *cap and trade* perusahaan tersebut bisa mendapatkan keuntungan (insentif) dari kelebihan emisi yang bisa diperdagangkan bagi perusahaan yang membutuhkan.

4. Kesimpulan

Evaluasi dampak lingkungan menunjukkan bahwa POME di lokasi penelitian berpotensi menghasilkan 18.673,42 ton CO₂-eq/tahun. Potensi emisi gas metana ini bisa dikurangi dengan memanfaatkan teknologi *methane capture* sehingga pabrik bisa mereduksi emisi gas metana 17.517,79 ton CO₂-eq/tahun (93,81%).

Namun teknologi *methane capture* ini tidak menarik bagi banyak pabrik kelapa sawit karena tidak layak dari sisi finansial. Kendala finansial ini bukan tidak ada solusinya, dengan intervensi pemerintah melalui rencana pajak karbon dengan skema perdagangan karbon (*cap and trade*) dan skema pemajakan (*carbon tax*) maka penerapan *methane capture* dalam pengelolaan gas metana yang dihasilkan dari limbah cair pabrik kelapa sawit layak untuk di aplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, A.D., Rahmiyati, A.L., Susilowati & Anggarani, D. 2018. Cost Benefit Analysis (CBA) Program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) Susu Pada Karyawan di PT. Trisula Textil Industries Cimahi Tahun 2018. Jurnal Ekonomi Kesehatan Indonesia. Volume 3, No 1

Ardelia, E. 2021. Proyeksi Penerapan Pajak Karbon dalam Upaya Menekan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Sektor

- Suganda, F., Goembira, F., dan Mahdi, (2024). Analisis Nilai Manfaat Teknologi *Methane Capture* Bagi Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 551-564, doi:10.14710/jil.22.2.551-564
- Pertanian dan Perkebunan di Indonesia. *Journal Of Social Science Research* Vol. 3 Nomor. 4
- Astuti, H.M, Khinanti, R.A., Sholiq, 2017. Analisis Kelayakan Investasi Sistem Informasi Pendistribusian Produk Menggunakan Metode Cost Benefit Analysis Pada PT. Guna Atmaja Jaya. *Jurnal Teknis ITS* Vol. 6, No. 2
- Creswell, JW. 2015. *Penelitian Kualitatif & Desain Riset*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Creswell, JW and Creswell, JD (2018) *Desain Penelitian: Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran*. Sage, Los Angeles.
- Fadillah, D. 2018. Analisis Emisi Gas Rumah Kaca di PT. Stellindo Wahana Perkasa. Universitas Bakrie. Jakarta
- Febijanto, I. 2018. Optimalisasi Pemanfaatan Gas Metana sebagai Sumber Energi di Pabrik Kelapa Sawit. Pusat teknologi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Gedung Energy Klaster 5. Tangerang Selatan.
- Febijanto, I. 2010. Potensi Penangkapan Gas Metana dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik di PTPN VI JAMBI. *J.Illm.Tek.Energi* Vol. 1 No. 10 Februari 2010: 30-47
- Febijanto, I. 2020. Biogas Utilization for supporting sustainability of palm oil Mill. *IOP Conf. Ser.: Mater Sci. eng* 742 012021
- Hamdani, Lubis, Z., Mardiana, S., dan Hasibuan, S., 2021. A Comparative Analysis of Performance and Environmental Variables between the Use of Organic and Inorganic Fertilizers in Palm Oil. *Ilkogretim Online - Elementary Education Online*, Year; Vol 20 (Issue 4) pp. 951-964
- Hardy, L & Benton, D. 2022. *The Global Methane Pledge*. Green Alliance ISBN 978-1-912393-87-9. UK
- Hubah, S.V. 2023. Externalitas Penerapan Kebijakan Pajak Karbon di Indonesia. *Jurnal Media Riset Ekonomi (MR.EKO)* E-ISSN: 2962-6811
- Rahayu, A.S. 2015. POME to Biogas Project Development in Indonesia. United State Agency for International Development. Washington D.C.
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2016). *Policy and financial analysis for development of biogas power plant in palm oil*. Jakarta 10110 Indonesia.
- Kriyantono, Rachmat. 2012. *Teknis Praktis Riset Komunikasi*. Jakarta. Kencana
- [UNEP] United Nation Enviroment Programme. *The Global Methane Budget 2000-2017*, 2020. Volume 12, issue 3 *ESSD*, 12, 1561–1623
- [UNFCCC] United Nations Framework on Climate Change Conference. *Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session*. 2010. Meksiko
- [USAID] United State Agency for International Development. *POME to Biogas Project Development in Indonesia*, 2016. Washington D.C.
- [RSPO] Roundtable on Sustainable Palm Oil. 2013 *Recertification Audit Report*. Wilmar International Limited. PT. Kencana Sawit Indonesia Plantation and Mill.
- Sani, L. 2018. *Pathways for a Sustainable Treatment of Biomass Residue at Palm Oil Mills: the Case of Indonesia*. Master of Science Thesis EGI 2018:TRITA-ITM-EX 2018:652
- Soeharto Iman. 2002. *Studi Kelayakan Proyek Industri*, Jakarta; Erlangga.
- Sodri, A., & Septriana, FE., 2022. *Biogas Power Generation from Palm Oil Mill Effluent (POME): Techno-Economic and Environmental Impact Evaluation*. *Energies* 2022, 15(19)
- Subadi, T. (2006). *Metode Penelitian Kualitatif*. Surakarta: Muhammadiyah University Press 2006.
- Sudaryana, B & Agusiady, R. 2022. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta ; CV Budi Utama
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sutartib, M & Purwana, S.A., 2021. *Tantangan Administrasi Pengenaan Pajak Karbon di Indonesia*. *Jurnal Anggaran dan Keuangan Indonesia* Vol.3 No.2
- Tampubolon, R.M., 2022. *Perdagangan Karbon : Memahami Konsep dan Implementasinya*. Pusat Standarisasi Pengelolaan Hutan Berkelanjutan Kementerian LHK. Jakarta
- Zulkifli, A. 2016. Analisis Kelayakan Potensi Pembangunan PLTBg POME di Wilayah Perkebunan Sawit. *Jurnal PASTI* Volume X No. 2, 192 – 207