

Pengaruh Biodiesel Terhadap Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Dengan Aplikasi APPLE-GATRIK (Studi Kasus PLTD Talaga Sulawesi Tenggara)

Bintang Dewan Tomo¹, I Made Indradjaja M Brunner^{2*}

^{1,2}Program Pasca Sarjana - Institut Teknologi-Perusahaan Listrik Negara

*Koresponden email: imade.brunner@itpln.ac.id

Diterima : 21 Juni 2022

Disetujui: 25 Juni 2022

Abstract

Indonesia is committed to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by reducing dependence on imported fossil fuel and increasing the use of biofuel sources in power plants. This article aims to analyze emissions from conversion in the use of diesel fuel to biodiesel at the Talaga Diesel Power Plant (PLTD), Buton, Southeast Sulawesi. Analysis of the GHG emission intensity data from the Talaga PLTD for the last 10 years is carried out through the application for calculating and reporting electricity emissions (Apple-Gatrik). Emission data from the application is obtained by entering annual operating data from the Talaga PLTD including Generating Capacity, Gross Electricity Production, Capacity Factor, Working Hours, Thermal Efficiency, Load Factor, Net Electricity Production, and fuel consumption. The calculation of emissions in the Apple-Gatrik application refers to the guidelines compiled by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 2006. The data generated by the application is then compared descriptively and shows the average emission intensity of Biodiesel B30 is around 0.708 tons CO₂e/MWh. The emission intensity shows a decrease of about 28.19% when compared to pure diesel with an average emission intensity of 0.986 tons CO₂e/MWh. The use of biodiesel is able to reduce GHG emissions in the Talaga PLTD and has the advantage of being carbon neutral emissions from biomass.

Keywords: *biodiesel, diesel generated power plant, apple-gatrik, emission intensity, greenhouse gases*

Abstrak

Indonesia berkomitmen dalam upaya penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dengan cara mengurangi ketergantungan impor Bahan Bakar Minyak (BBM) dan meningkatkan penggunaan sumber Bahan Bakar Nabati (BBN) pada pembangkit listrik. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis emisi dari perubahan penggunaan bahan bakar solar murni ke Biodiesel di Pembangkit Tenaga Listrik Diesel (PLTD) Talaga, Buton, Sulawesi Tenggara. Analisis terhadap data intensitas emisi GRK dari PLTD Talaga selama 10 tahun terakhir dilakukan melalui aplikasi perhitungan dan pelaporan emisi ketenagalistrikan (Apple-Gatrik). Data emisi dari aplikasi tersebut diperoleh dengan memasukkan data operasi tahunan dari PLTD Talaga seperti Daya Mampu Pembangkit, *Gross Electricity Production*, *Capacity Factor*, Jam Kerja, Efisiensi Termal, *Load Factor*, *Net Electricity Production*, serta konsumsi bahan bakar. Perhitungan emisi pada aplikasi Apple-Gatrik mengacu pada pedoman yang disusun oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) Tahun 2006. Data yang dihasilkan oleh aplikasi kemudian dibandingkan secara deskriptif dan menunjukkan rata-rata intensitas emisi dari Biodiesel B30 sekitar 0,708 ton CO₂e/ MWh. Intensitas emisi tersebut menunjukkan penurunan sekitar 28,19% bila dibandingkan dengan solar murni dengan intensitas emisi rata-rata 0,986 ton CO₂e/MWh. Penggunaan biodiesel mampu menurunkan emisi GRK pada PLTD Talaga dan memiliki keunggulan sebagai emisi karbon netral yang berasal dari biomassa.

Kata Kunci: *biodiesel, pembangkit listrik tenaga diesel, apple-gatrik, intensitas emisi, gas rumah kaca*

1. Pendahuluan

Kondisi penggunaan bahan bakar fosil di Indonesia saat ini masih berperan besar dalam sistem perekonomian khususnya bidang ketenagalistrikan. Selain itu, peningkatan impor bahan bakar minyak telah mengurangi cadangan devisa negara [1]. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) Tahun 2021-2030 menunjukkan upaya pengurangan pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM) sekaligus meningkatkan pemanfaatan sumber energi Bahan Bakar Nabati (BBN) pada pembangkit tenaga listrik [2]. Penggunaan bahan bakar fosil pada sektor kelistrikan di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 86,98% dari total pembangkitan [3]. Indonesia telah berkomitmen dalam upaya menurunkan emisi gas

rumah kaca secara global dengan meratifikasi perjanjian Paris dengan penurunan emisi 11% pada sektor energi [4].

Bahan bakar fosil merupakan penyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) terutama dari emisi gas karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan [5]. Penurunan emisi GRK dapat dilakukan dengan penggunaan energi alternatif secara berkelanjutan. Salah satu energi alternatif berbahan nabati adalah Biodiesel, yang berasal dari transesterifikasi minyak tumbuhan seperti minyak kelapa sawit. Minyak nabati perlu melalui proses kimiawi baik dengan katalis maupun tanpa katalis untuk dijadikan bahan bakar Biodiesel [6]. Biodiesel memiliki rantai panjang dengan unsur karbon antara 12 hingga 20 dan digolongkan dalam *mono alkil ester* atau *metil ester*, dan tidak mengandung senyawa sulfur dan karsinogenik sehingga lebih ramah lingkungan [1]. Biodiesel telah dikembangkan secara bertahap dengan mencampurkan solar murni dengan Biodiesel dengan perbandingan tertentu. Angka dari Biodiesel B10, B15, B20, dan B30 menunjukkan perbandingan komposisi Biodiesel relatif terhadap solar murni. Saat ini, Biodiesel yang dipasarkan adalah jenis B30 dengan campuran 30% Biodiesel dan 70% solar murni [1]. Dibandingkan dengan solar murni, Biodiesel juga cenderung memiliki keunggulan dengan angka setana yang lebih tinggi [7].

Keunggulan Biodiesel diharapkan dapat meningkatkan kinerja mesin, menurunkan konsumsi bahan bakar, serta akan menurunkan emisi gas buang [7]. Namun demikian, Biodiesel cenderung memiliki tingkat viskositas yang lebih tinggi daripada solar. Campuran alkohol ke dalam Biodiesel diyakini dapat menurunkan viskositas bahan bakar dan mengurangi penyumbatan pada sistem injeksi bahan bakar [8]. Penggunaan Biodiesel cenderung memiliki endapan dapat menyumbat saluran dan saringan bahan bakar. Endapan tersebut berasal dari kemampuan alamiah bahan nabati untuk melumasi (*lubrication ability*) [9].

Saat ini terdapat sekitar 4.472 unit PLTD dengan kapasitas terpasang 2.798,55 MW atau sekitar 7,13% dari keseluruhan pembangkitan di Indonesia [2]. Penggunaan PLTD di masa depan tetap akan dibutuhkan sebagai *base-load* untuk daerah-daerah terpencil atau kepulauan yang tidak terhubung ke jaringan interkoneksi. Keberadaan PLTD ini dapat dipakai sebagai pembangkit *peaker* pada jaringan interkoneksi [10]. Salah satu implementasi penggunaan Biodiesel adalah pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Talaga milik PT PLN (Persero). Pembangkit ini berada di Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara, tepatnya pada koordinat $5^{\circ}29'09''\text{LS}$ dan $122^{\circ}04'46''\text{BT}$ [11]. PLTD Talaga memiliki beberapa unit mesin diesel, yang semenjak Tahun 2013 secara bertahap melakukan perubahan bahan bakar dari solar murni ke Biodiesel. Penggunaan Biodiesel B10 ini digunakan di PLTD Talaga pada Tahun 2014, B15 pada Tahun 2015, B20 pada Tahun 2016 hingga 2019, sedangkan B30 dimulai sejak 2020 sampai sekarang [12].

Perubahan penggunaan bahan bakar tersebut tentunya mengakibatkan perubahan emisi gas buang pada PLTD. Kajian dari penggunaan Biodiesel dalam pembakaran cenderung menurunkan emisi gas buang dari parameter gas-gas Sulfur dioksida (SO_2), Karbon monoksida (CO) dan Nitrogen oksida (NO_x), serta partikulat [13]. Data emisi dari pengoperasian pembangkit tenaga listrik dapat diakses oleh unit pembangkit melalui aplikasi yang bernama Apple-Gatrik atau Aplikasi Perhitungan dan Pelaporan Emisi Ketenagalistrikan. Aplikasi ini diluncurkan oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (DJK KESDM) yang berbentuk *webserver* pada tautan <https://Apple-Gatrik.esdm.go.id/> [14].

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis perubahan emisi GRK yang dihasilkan oleh PLTD Talaga sebelum dan sesudah pemakaian bahan bakar Biodiesel. Data yang dipakai berasal dari Apple-Gatrik yang diverifikasi oleh Dirjen Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (DJK KESDM). Selain itu, diskusi juga dilakukan terhadap dampak lain dari penggunaan Biodiesel terhadap operasional PLTD tersebut.

2. Metode Penelitian

Aplikasi Apple-Gatrik

Data yang dipergunakan untuk analisis dalam karya tulis ini adalah laporan perusahaan pembangkitan sejak Tahun 2010 hingga Tahun 2021 dari pengoperasian PLTD Talaga. Analisis diarahkan untuk mengetahui perbandingan intensitas $\text{CO}_2\text{e}/\text{MWh}$ (CO_2 ekuivalen untuk setiap megawatt jam) rata-rata dari emisi GRK sebelum dan sesudah penggunaan Biodiesel.

Perhitungan emisi GRK untuk setiap unit mesin diesel bersumber dari data yang diberikan oleh masing-masing unit pembangkitan listrik. Data yang dimasukkan ke aplikasi Apple-Gatrik merangkum kinerja pembangkit untuk setiap mesin diesel dalam satu tahun kalendar, dan terdiri dari data: daya mampu, *Gross Electricity Production*, *Capacity Factor* unit, Jam Kerja, Efisiensi Termal, *Load Factor* Unit, *Net Electricity Production*, serta konsumsi bahan bakar. Data tersebut kemudian diverifikasi secara bertingkat oleh Induk Perusahaan Pembangkit Listrik, dan DJK KESDM [15].

Aplikasi Apple-Gatrik kemudian menghitung emisi gas buang dari setiap unit mesin pembangkit di PLTD Talaga. Informasi emisi yang diberikan adalah untuk gas buang Karbon monoksida (CO_2), Metana (CH_4), Dinitrogen oksida (N_2O), jumlah emisi dalam nilai Karbon monoksida ekuivalen (CO_2e), dan intensitas emisi per produksi listrik dalam bentuk $\text{CO}_2\text{e}/\text{MWh}$. Tingkat emisi gas buang tersebut disajikan dalam satuan ton/tahun. Perhitungan untuk mendapat tingkat CO_2e dari emisi gas CO_2 , CH_4 , dan N_2O dilakukan dengan mengalikan tingkat emisi dengan faktor *Global Warming Potential* (GWP) masing-masing gas. Faktor GWP menggambarkan tingkat energi yang diserap oleh suatu GRK relatif terhadap serapan energi oleh 1 ton gas CO_2 pada suatu rentang waktu tertentu. Perhitungan tingkat emisi ini mengacu pada pedoman yang disusun oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) Tahun 2006 [15]. Aplikasi ini menggunakan faktor GWP dengan rentang waktu 100 tahun untuk gas CO_2 sebesar 1, gas CH_4 sebesar 21, dan N_2O sebesar 310.

Operasional PLTD Talaga

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) bekerja dengan sistem kerja siklus termodinamika, dengan komponen utama: mesin diesel; generator; transformator; dan tangki bahan bakar [16]. Pembakaran bahan bakar yang bercampur dengan udara terjadi di dalam mesin diesel dan menimbulkan emis gas buang. Mesin diesel yang digunakan juga akan menghasilkan gerak rotasi yang dimanfaatkan untuk memutar generator yang membangkitkan energi listrik.

PLTD Talaga saat ini memiliki 7 unit mesin diesel yang sama dengan merek Deutz F10L serta kapasitas daya terpasang masing-masing 100 kW. Data unit mesin terpasang pada PLTD Talaga dari Tahun 2010 hingga Tahun 2021 disajikan pada **Tabel 1** [11].

Tabel 1. Data operasional PLTD Talaga tahun 2010-2021

Unit Mesin dan Nomor Seri	Tahun Beroperasi	Daya Terpasang (kW)
PLTD TALAGA #1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	2010-2021	100
PLTD TALAGA #2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	2010-2020	100
PLTD TALAGA #3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	2010-2021	100
PLTD TALAGA #4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	2011-2021	100
PLTD TALAGA #5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	2013-2021	100
PLTD TALAGA #6 DEUTZ F10L413 SN 6355276	2020-2021	100
PLTD TALAGA #7 DEUTZ F10L413 SN 6375838	2020-2021	100

Sumber: Laporan pembangkitan PLN UP3 Baubau (2021)

3. Hasil dan Pembahasan

Emisi dan Intensitas Emisi

Bahan bakar yang digunakan untuk mesin diesel di PLTD Talaga mengalami perubahan dari bahan bakar solar murni, menjadi bahan bakar Biodiesel B10, B15, B20 dan kemudian B30. Bahan bakar solar murni digunakan pada rentang waktu Tahun 1983 hingga Tahun 2013 Sementara, Biodiesel B10 mulai diperkenalkan pada Tahun 2014, lalu digantikan dengan Biodiesel B15 pada Tahun 2015. Pada rentang Tahun 2016 sampai 2019 menggunakan Biodiesel B20. Terakhir, semenjak Tahun 2020 hingga saat ini mesin diesel di PLTD Talaga menggunakan Biodiesel B30 [12].

Aplikasi Apple-Gatrik menghitung emisi gas buang dari setiap unit mesin diesel yang dipakai. Hasil emisi ini merupakan perkalian antara data-data operasional pembangkit listrik berupa konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi standar untuk jenis bahan bakar yang dipakai. Faktor emisi yang dipakai terutama berdasarkan nilai standar yang ditetapkan IPCC dengan mengikuti metoda perhitungan Tier-1.

Hasil perhitungan aplikasi Apple-Gatrik untuk emisi gas buang dari penggunaan bahan bakar jenis solar murni maupun Biodiesel pada rentang waktu tahun 2010-2021 di PLTD Talaga disajikan pada **Tabel 2** berikut. Tabel ini menyajikan emisi gas buang CO_2 , CH_4 , dan N_2O , serta perhitungan CO_2e untuk setiap mesin diesel. Angka tingkat emisi CO_2e kemudian dinormalkan dengan pembagian menggunakan tingkat produksi listrik pada tahun bersangkutan, dan menghasilkan angka intensitas ton $\text{CO}_2\text{e}/\text{MWh}$.

Tabel 2. Data emisi perhitungan Apple Gatrik PLTD Talaga

Tahun Operasi	Unit Mesin	Kapasitas Terpasang (MW)	Emisi CO_2 (ton)	Emisi CH_4 (ton)	Emisi N_2O (ton)	Emisi CO_2e (ton)	Produksi Listrik (MWh)	Intensitas (ton $\text{CO}_2\text{e}/\text{MWh}$)
2010	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	162,36	0,01	0	162,57	166,47	0,98
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	232,72	0,01	0	232,93	224,68	1,04
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	209,77	0,01	0	209,98	200,32	1,05

Tahun Operasi	Unit Mesin	Kapasitas Terpasang (MW)	Emisi CO ₂ (ton)	Emisi CH ₄ (ton)	Emisi N ₂ O (ton)	Emisi CO ₂ e (ton)	Produksi Listrik (MWh)	Intensitas (ton CO ₂ e/MWh)
2011	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	112,42	0	0	112,42	116,04	0,97
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	221,78	0,01	0	221,99	218,56	1,02
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	302,46	0,01	0	302,67	307,89	0,98
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	81,53	0	0	81,53	76,1	1,07
2012	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	132,68	0,01	0	132,89	138,27	0,96
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	183,71	0,01	0	183,92	191,53	0,96
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	267,44	0,01	0	267,65	278,31	0,96
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	161,83	0,01	0	162,04	167,42	0,97
2013	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	149,59	0,01	0	149,8	157,16	0,95
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	244,34	0,01	0	244,55	252,01	0,97
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	236	0,01	0	236,21	242,64	0,97
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	157,12	0,01	0	157,33	160,31	0,98
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	19,62	0	0	19,62	20,84	0,94
2014	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	157,69	0,01	0	157,9	167,12	0,94
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	219,19	0,01	0	219,4	236,34	0,93
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	228,12	0,01	0	228,33	243,39	0,94
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	210,48	0,01	0	210,69	220,05	0,96
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	29,21	0	0	29,21	28,78	1,01
2015	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	170,52	0,01	0	170,73	171,67	0,99
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	250,98	0,01	0	251,19	272,42	0,92
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	258,39	0,01	0	258,6	286,76	0,9
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	28,23	0	0	28,23	26,4	1,07
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	204,23	0,01	0	204,44	207,66	0,98
2016	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	225,13	0,01	0	225,34	237,41	0,95
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	175,85	0,01	0	176,06	180,95	0,97
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	200,11	0,01	0	200,32	214,42	0,93
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	160,47	0,01	0	160,68	174,53	0,92
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	265,09	0,01	0	265,3	282,58	0,94
2017	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	291,5	0,01	0	291,71	328,25	0,89
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	66,83	0	0	66,83	53,46	1,25
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	150,04	0,01	0	150,25	147,16	1,02
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	287,46	0,01	0	287,67	326,45	0,88
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	276,87	0,01	0	277,08	302,52	0,92
2018	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	308,51	0,01	0	308,72	343,64	0,9
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	59,85	0	0	59,85	47,64	1,26
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	144,2	0,01	0	144,41	138,83	1,04
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	291,41	0,01	0	291,62	333,91	0,87
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	307,02	0,01	0	307,23	339,33	0,91
2019	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	208,76	0,01	0	208,97	320	0,65
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	60,67	0	0	60,67	68,26	0,89
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	134,21	0,01	0	134,42	176,79	0,76
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	221,24	0,01	0	221,45	339,3	0,65
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	221,4	0,01	0	221,61	339,06	0,65
2020	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	220,33	0,01	0	220,54	339,61	0,65
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	100,17	0	0	100,17	129,98	0,77
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	138,97	0,01	0	139,18	195,23	0,71
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	233,59	0,01	0	233,8	350,45	0,67
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	223,06	0,01	0	223,27	340,9	0,65
	#6 DEUTZ F10L413 SN 6355276	0,1	14,91	0	0	14,91	19,66	0,76
	#7 DEUTZ F10L413 SN 6375838	0,1	0,22	0	0	0,22	0,27	0,82
2021	#1 DEUTZ F10L413 SN 6859476	0,1	216,5	0,01	0	216,71	316,71	0,68
	#2 DEUTZ F10L413 SN 6355151	0,1	0	0	0	0	0	0
	#3 DEUTZ F10L413 SN 6355281	0,1	183,05	0,01	0	183,26	245,67	0,75
	#4 DEUTZ F10L413 SN 6712086	0,1	79,49	0	0	79,49	117,27	0,68
	#5 DEUTZ F10L413 SN 6355106	0,1	231,08	0,01	0	231,29	340,66	0,68
	#6 DEUTZ F10L413 SN 6355276	0,1	140,28	0,01	0	140,49	204,61	0,69
	#7 DEUTZ F10L413 SN 6375838	0,1	96,42	0	0	96,42	140,18	0,69

Sumber: Laporan Apple-Gatrik. ESDM. PLN UP3 Baubau (2022)

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan emisi gas buang PLTD Talaga pada tahun 2010 hingga Tahun 2021. Selain itu, terdapat penambahan 2 unit pembangkit dengan tipe mesin yang sama pada Tahun 2020. Hal ini dikarenakan terjadi pertumbuhan beban penggunaan listrik di pulau Talaga. Nampak juga, mesin Deutz F10L unit #2 pada Tahun 2021 tidak dioperasikan karena alasan teknis.

Sementara, pada **Tabel 3** dilakukan perhitungan untuk melihat rata-rata intensitas emisi berdasarkan jenis bahan bakar yang dipakai. Secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan bahan bakar Biodiesel menurunkan intensitas emisi dari mesin diesel di PLTD Talaga. Penggunaan solar murni memiliki rata-rata intensitas emisi 0,986 ton CO₂e/MWh dan menurun menjadi 0,708 ton CO₂e/ MWh untuk Biodiesel B30, atau terjadi penurunan sebesar 28,19%.

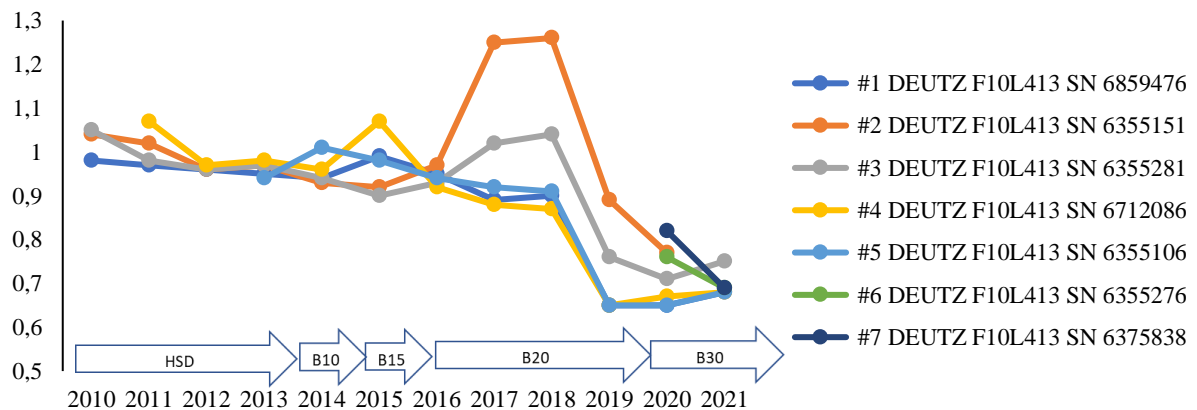
Namun demikian, terjadi anomali pada penggunaan Biodiesel B15 yang menunjukkan intensitas emisi lebih tinggi daripada B10. Anomali ini dapat diakibatkan dari kinerja mesin tertentu yang kurang baik atau permasalahan lain.

Tabel 3. Intensitas emisi berdasarkan jenis bahan bakar

Jenis Bahan Bakar	Tahun Penggunaan	Intensitas Emisi (ton CO ₂ e/ MWh)	
		Rata-rata	Standar Deviasi
Solar murni	2010-2013	0.986	0.038
Biodiesel B10	2014	0.956	0.032
Biodiesel B15	2015	0.972	0.067
Biodiesel B20	2016-2019	0.913	0.163
Biodiesel B30	2020-2021	0.708	0.052

Sumber: Hasil analisis (2022)

Analisis intensitas emisi dilanjutkan terhadap kinerja dari masing-masing alat pada setiap tahun pengoperasian, sebagaimana disajikan pada **Gambar 1**. Nampak bahwa mesin unit #4 pada Tahun 2015 memperlihatkan intensitas emisi yang meningkat di atas dari mesin-mesin lain.



Gambar 1. Intensitas emisi tahunan untuk setiap mesin diesel

Sumber: Hasil analisis (2022)

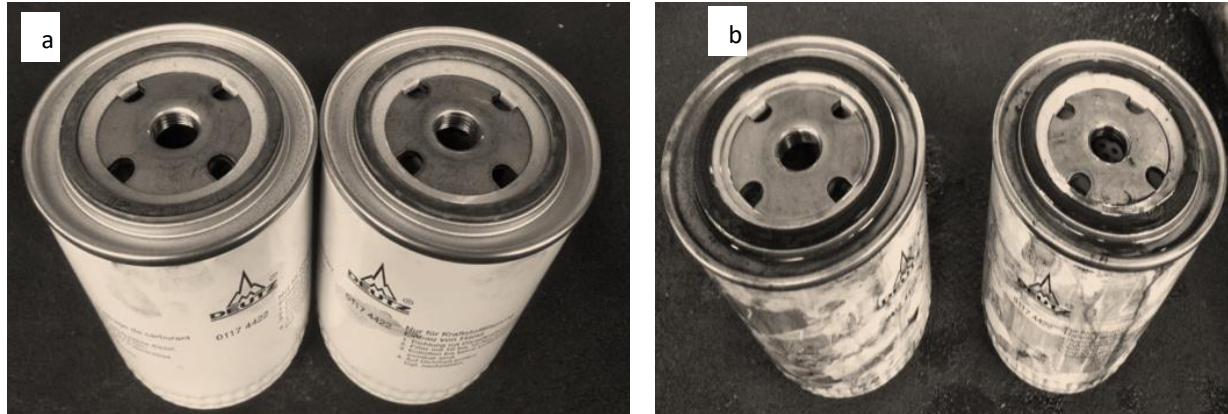
Gambar 1 juga menunjukkan peningkatan tajam intensitas emisi pada pemakaian B20, khususnya pada mesin unit #2 dan unit #3 di rentang Tahun 2017 dan 2018. Berdasarkan data perawatan, hal ini dikarenakan faktor internal dari mesin Deutz F10L unit #2 dan unit #3 yang belum dilakukan pemeliharaan besar atau *overhaul*. Setelah dilakukan pekerjaan pemeliharaan mesin, ternyata intensitas emisi pada Tahun 2019 kembali menunjukkan pola yang optimal seperti pada Tahun 2016. Pekerjaan perawatan untuk mengembalikan kinerja pembakaran mesin diesel terutama dilakukan pada: pembersihan komponen pengkabutan yaitu *nozzle* untuk mencegah deposit pada injektor; pembersihan piston-piston mesin; pembersihan katup-katup; dan penggantian komponen lain yang telah melewati jam jalan mesin.

Salah satu faktor yang mempengaruhi intensitas emisi pada proses pembakaran adalah dari komposisi udara dengan bahan bakar saat pengkabutan bahan bakar di ruang bakar. Pengkabutan yang baik diperlukan agar terjadi pembakaran yang sempurna dan proses ini terjadi pada komponen *nozzle* injektor. Apabila *nozzle* mengalami hambatan akibat kehadiran kotoran, maka dapat terjadi peningkatan penggunaan bahan bakar.

Pengamatan Saat Perawatan

Karakteristik bahan bakar Biodiesel berbeda dengan solar murni, karena Biodiesel memiliki kandungan FAME. Berdasarkan hasil pengamatan operator, endapan *sludge* yang lebih banyak pada saringan bahan bakar cenderung terjadi dari penggunaan Biodiesel B30 dibandingkan saat penggunaan bahan bakar solar murni. Hal ini menghendaki penggantian saringan bahan bakar mesin diesel yang lebih cepat daripada saat menggunakan solar murni. Penggantian filter bahan bakar tersebut lebih cepat daripada periode yang disarankan oleh pabrikan mesin Deutz F10L yaitu setiap 250 jam operasi.

Gambar 2 menunjukkan perbedaan antara filter bekas yang menggunakan solar murni (**Gambar 2.a.**) dan timbunan endapan *sludge* pada filter bekas dari penggunaan Biodiesel B30 (**Gambar 2.b.**).



Gambar 2. (a) Filter bekas dengan solar murni; (b) filter bekas dengan biodiesel B30
Sumber: Pemeliharaan PLTD Talaga (2022)

Permasalahan timbunan endapan kerap terjadi pada tangki penyimpanan Biodiesel yang juga terbawa masuk ke filter bahan bakar. Hal ini juga diungkapkan dalam penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa endapan pada filter mesin cenderung terjadi dari penggunaan Biodiesel, dan endapan dapat memberikan efek negatif pada mesin [17]. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengelolaan yang dijalankan apabila PLTD menggunakan Biodiesel dan berupaya menghemat pengeluaran biaya penggantian filter bahan bakar. Pengelolaan yang dilakukan adalah dengan menempatkan pompa sirkulasi bahan bakar di luar tangki penyimpanan bulanan. Sirkulasi dilakukan dengan menyedot bahan bakar dari bagian bawah dan dimasukkan kembali pada bagian atas tangki penyimpanan bulanan. Pengadukan dengan sirkulasi ini dapat mengurangi endapan pada Biodiesel, sehingga mengurangi timbunan endapan di saringan bahan bakar.

Biodiesel B30 yang saat ini digunakan pada PLTD memiliki kalori sekitar 44,025 MJ/kg, yang tidak jauh beda dengan kalori solar murni dengan kalori 41,355 MJ/kg [18]. Sehingga, dapat dikatakan kedua bahan bakar tersebut memiliki kinerja efisiensi yang sama dalam menghasilkan energi listrik. Namun demikian, Biodiesel memiliki keunggulan karena sebagian emisi yang ditimbulkan merupakan karbon netral yang berasal dari pembakaran biomassa dan tidak diperhitungkan sebagai GRK. Biodiesel berasal dari pengolahan biomassa yang tumbuh subur di Indonesia, sehingga ketersediaan bahan bakar hijau ini cukup terjamin.

Biodiesel cenderung memiliki kekentalan minyak yang lebih tinggi daripada solar murni. Oleh karena itu, mesin diesel memerlukan pengaturan injeksi bahan bakar dan penyetulan waktu pembakaran agar pembakaran dengan Biodiesel tetap optimal.

4. Kesimpulan

Pada studi kasus penggunaan Biodiesel di PLTD Talaga, didapatkan bahwa dengan campuran minyak nabati yang semakin tinggi menghasilkan intensitas emisi CO₂e/MWh yang semakin rendah. Hasil perhitungan dengan Apple-Gatrik menunjukkan penggunaan solar murni PLTD Talaga memiliki rata-rata intensitas emisi 0,986 ton CO₂e/MWh, sementara penggunaan Biodiesel B30 sekitar 0,708 ton CO₂e/ MWh atau terjadi penurunan sebesar 28,19%. Namun demikian, hasil perhitungan intensitas emisi rata-rata dari Biodiesel B15 sebesar 0,972 ton CO₂e/ MWh menunjukkan anomali dengan intensitas emisi yang lebih tinggi daripada B10 yaitu 0,956 ton CO₂e/ MWh. Hal ini dapat dikarenakan dari kinerja mesin Unit#2 dan Unit#3 yang kurang optimal akibat keterlambatan pemeliharaan. Setelah pemeliharaan dilaksanakan intensitas emisi kembali menurun. Dampak lain yang diperhatikan dalam pengelolaan penggunaan Biodiesel yaitu diperlukan sirkulasi secara berkala pada tangki penyimpanan agar tidak terjadi endapan FAME yang mempercepat pergantian filter bahan bakar PLTD.

Adapun kendala yang timbul dari penggunaan Apple-Gatrik adalah penggunaan data-data operasi dengan rentang waktu satu tahun kalender sehingga kurang teliti jika terjadi fluktuasi harian pada penggunaan bahan bakar. Emisi GRK yang ditimbulkan Biodiesel cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar solar murni. Hal ini dikarenakan Biodiesel memiliki keunggulan sebagai emisi karbon netral yang berasal dari biomassa.

5. Saran

Penggunaan Apple-Gatrik masih utamanya menggunakan Tier-1 dengan faktor emisi standar dari IPCC yang kurang peka terhadap emisi yang dihasilkan dari Biodiesel lokal, seperti B30. Pengukuran tingkat emisi dari berbagai bahan bakar lokal diperlukan untuk menyempurnakan faktor emisi sehingga dapat mencapai Tier-2. Selain itu, pengukuran tingkat emisi di lapangan juga diperlukan untuk mengetahui fluktuasi emisi akibat operasional mesin dan perubahan bahan bakar.

Penggunaan Biodiesel B30 saat ini diyakini dapat menurunkan emisi GRK yang cukup signifikan pada PLTD eksisting. Apabila penggunaan minyak nabati Biodiesel akan ditingkatkan hingga B100, maka diperlukan kajian lapangan yang kuat terhadap komponen dan performa operasi pembangkit mengingat terdapat potensi endapan minyak nabati yang tinggi. Selain itu, modifikasi terhadap mesin diesel juga diperlukan terhadap komponen mesin yang bersentuhan langsung dengan bahan bakar biodiesel.

6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan Baubau, atas data-data laporan perusahaan yang diberikan.

7. Daftar Pustaka

- [1] K. S. Nina, D. Suntoro, M. I. Al Irsyad, Zulkarnain and Widhiatmaka, "Performance and emission effects of biodiesel 30% (B30) usage in oil-fired power plants and gas engine powerplants," *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, vol. 749, 2020.
- [2] PT PLN (Persero), "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030," Jakarta, 2021.
- [3] Our World in Data, "Electricity generation from fossil fuels, 2021," ourworldindata.org, 2021. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-fossil-fuels>. [Accessed 10 June 2022].
- [4] Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Komitmen Indonesia Dalam Pengendalian Perubahan Iklim," [Online]. Available: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/tentang/amanat-perubahan-iklim/komitmen-indonesia#:~:text=Komitmen%20dan%20Kontribusi%20Indonesia%20kembali,kaca%20dan%20bergera%20aktif%20mencegah>. [Accessed 10 June 2022].
- [5] J. Samidjo and Y. Suharso, "Memahami pemanasan global dan perubahan iklim," *Pawiyatan*, vol. 24, no. 2, pp. 1-10, 2017.
- [6] Rosmeika, T. Armansyah H, Yuwono, A. Sabdo and D. Wulandari, "Kajian Teknologi Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Sawit Berdasarkan Life Cycle Assessment (LCA) dan Analisis Eksergi," 2014. [Online]. Available: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/69893>. [Accessed 10 June 2022].
- [7] A. Warsita, "Pengaruh injection timing dan prosentase campuran minyak diesel dengan bahan bakar biodiesel terhadap karakteristik mesin dan emisi gas buang," *Traksi*, vol. 12, no. 2, pp. 1-15, 2012.
- [8] Syarifudin, H. N. Cahyo and A. Supriyadi, "Korelasi Propertis Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Diesel," *J. Infotekmesin*, vol. 11, pp. 9-13, 2020.
- [9] Mariyamah, "Analisa Emisi Gas Buang Dari Penggunaan Bahan Bakar Campuran Biodiesel Jarak Pagar Dan Solar Pada Boiler," *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 30-39, 2016.
- [10] A. Wijono, "Pemanfaatan CPO untuk PLTD dan kajian emisi GRK," in *Seminar Nasional IENACO*, Serpong, 2016.
- [11] PT PLN (Persero) UP3 Baubau, "Laporan Operasi Pembangkitan Tahunan," Baubau, 2022.
- [12] PT PLN (Persero) UP3 Baubau, "Laporan Pembangkitan," Baubau, 2021.
- [13] M. Djamin and S. S. Wirawan, "Pengaruh komposisi biodiesel terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang," *J. Teknik Lingkungan*, vol. 11, no. 3, pp. 381-387, 2010.

-
- [14] A. Ilhami, "Luncurkan APPLE-GATRIK, Perusahaan Kini Bisa Laporkan Emisi GRK Mandiri Secara Online," 27 August 2018. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/luncurkan-apple-gatrik-perusahaan-kini-bisa-laporkan-emisi-grk-mandiri-secara-online>. [Accessed 5 June 2022].
- [15] DJK KESDM, Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca, Bidang Energi - Sub Bidang Ketenagalistrikan, Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018, p. 136.
- [16] B. Ali and P. . A. Nugroho, "Analisis pemakaian bahan bakar high speed diesel dan biodiesel (B30) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang mesin diesel PLTD 1.4 MW, *Presisi*, vol. 18, no. 2, pp. 30-41, 2017.
- [17] S. D. Oktarina, R. Nurkhoiry, . M. A. Nasution and S. Rahutomo, "Riset pasar biodiesel B20 di Indonesia: evaluasi terhadap produk dan kesadaran konsumen," *Analisis Kebijakan Pertanian*, vol. 17, no. 2, pp. 79-83, 2019.
- [18] P. L. Puppung, "Uji ketahanan Biodiesel selama 60 jam pada mesin diesel stasioner injeksi langsung," *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, vol. 42, no. 1, pp. 51-68, 2008.