

Analisis Perhitungan Emisi Dari Pengembangan Energi Baru Terbarukan

1st Faiz Rizqullah Ardiansyah

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

faizrizqullah@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Jangkung Raharjo

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

jangkungraharjo@telkomuniversity
.ac.id

3rd Efri Suhartono

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

esuhartono@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pembangkit energi listrik di Indonesia masih didominasi pembangkit dengan bahan bakar fosil yang dalam pengoperasiannya menghasilkan berbagai emisi, antara lain karbondioksida (CO_2). Emisi CO_2 merupakan penyebab terjadinya efek gas rumah kaca yang tentunya berkontribusi dalam proses pemanasan global. Sementara itu Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber energi terbarukan yang amat melimpah, seperti air, angin, panas bumi, dan surya. Pemanfaatan pembangkit energi terbarukan tidak terlepas dari setidaknya tiga hal isu yaitu keterbatasan sumber energi fosil (walaupun untuk batubara, Indonesia masih memiliki cadangan yang melimpah), untuk mengusahannya kembali perlu waktu yang sangat lama (ratusan bahkan jutaan tahun), potensi sumber energi terbarukan di Indonesia yang melimpah dan baru dimanfaatkan dengan porsi yang relative masih sangat kecil, melestarikan lingkungan khususnya dari dampak emisi CO_2 . Pada hasil perhitungan emisi CO_2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap per MW didapatkan hasil 7.213,48 ton/MW. Lalu emisi CO_2 per MW Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi didapatkan hasil 2.391,50 ton/MW. Emisi CO_2 Pembangkit Listrik Panas Bumi didapatkan hasil 887,91 ton/MW.

Kata kunci— Emisi CO_2 , PLTU, PLTP, PLTB

I. PENDAHULUAN

Potensi sumber energi terbarukan Indonesia cukup besar yang terdiri dari sumber energi air, angin, surya, biomassa/bio energi, mikro/hidro, dan panas bumi. Saat ini pemerintah sedang mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan secara signifikan, melalui berbagai kebijakan yang telah dilahirkan seperti Perpres Nomor 22 tahun 2017, dimana Pemerintah mempunyai target bauran energi sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [1]. Pemerintah juga telah menandatangani kebijakan internasional terkait pengendalian emisi yaitu Perjanjian Paris (Paris Agreement). Tentunya perlu adanya penelitian terkait optimasi antara pemanfaatan sumber energi terbarukan dengan emisi yang dihasilkan. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam pengoperasiannya tentu akan mereduksi emisi (khususnya CO_2) dibanding pembangkit energi berbahan bakar fosil (pembangkit fosil). Namun keperluan lahan untuk sumber energi terbarukan jauh lebih besar dibanding lahan yang diperlukan oleh pembangkit fosil.

Dalam Upaya meningkatkan nilai-nilai rasio elektrifikasi mencapai 99,9% diperlukan sebuah rancangan dan proses perencanaan yang tepat. Namun, melihat kondisi sumber daya alam yang semakin menipis maka dibutuhkan terobosan

baru untuk mengurangi ketergantungan akan sumber energi fosil. Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi salah satu solusi yang tepat, dengan memanfaatkan sumber energi seperti angin, air, cahaya matahari, dsb. Transisi energi konvensional ke EBT merupakan upaya bersama antara PLN, Pemerintah dan semua pihak, sehingga dampak biayanya agar tidak dibebankan hanya pada PLN maupun masyarakat, namun perlu didukung juga oleh Pemerintah maupun lembaga-lembaga internasional. Pemahaman yang perlu ditanamkan dalam pengaplikasian energi baru terbarukan terhadap masyarakat ialah tentang proses perhitungan emisi, perhitungan biaya investasi, dan Analisa kelayakan investasi. PLN telah membuat roadmap per tahun (MW) dan per regional (MW) guna perencanaan pengembangan pembangkit EBT 2021-2030 [2]. Berikut roadmap yang telah dibuat:

TABEL 1
ROADMAP PER TAHUN (MW)

No	Pembangkit - EBT	Kapasitas	2021	2022	2023	2024
1	PLTP	MW	136	108	190	141
2	PLTA	MW	400	53	132	87
3	PLTM	MW	144	154	277	289
4	PLT Surya	MWp	60	287	1.306	624
5	PLT Bayu	MW	-	2	33	337
6	PLT Biomassa	MW	12	43	88	191
7	PLT EBT Base	MW	-	-	-	-
8	PLT EBT Peaker	MW	-	-	-	-
Jumlah		MW	752	648	2.206	1.670

2025	2026	2027	2028	2029	2030	Jumlah
870	290	123	450	240	808	3.355
2.478	327	456	1.611	1.778	1.950	9.272
189	43	-	2	13	6	1.118
1.663	127	148	165	172	157	4.680
155	70	-	-	-	-	597
221	20	-	15	-	-	590
-	100	-	15	-	-	590
-	-	-	-	-	300	300
5.546	978	991	2.458	2.484	3.370	20.923

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan membahas mengenai algoritma perhitungan emisi, biaya investasi, dan Analisa kelayakan investasi yang dikembangkan

menggunakan perangkat lunak secara realtime (Berbasis Web). Dalam aplikasi tersebut terdapat sebuah sistem yang dapat menghitung emisi karbon yang dihasilkan, serta dapat menghitung biaya investasi dan kelayakannya dalam pembangunan EBT. Melalui sistem aplikasi tersebut akan memungkinkan para pemangku kepentingan, seperti pengembang proyek, investor, dan pemerintah, untuk mengakses informasi yang akurat dan terkini tentang biaya dan emisi yang terkait dengan proyek EBT. Dengan demikian, mereka dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam perencanaan dan pengembangan proyek serta mempercepat transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan.

II. KAJIAN TEORI

A. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang dari pembakaran bahan bakar fosil memicu terjadinya pencemaran lingkungan dan juga pemanasan global. Penghitungan emisi CO_2 dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu atau kombinasi dari pendekatan berbasis penghitungan dan pendekatan berbasis pengukuran. Perusahaan pembangkit dapat memilih jenis metode tergantung dari ketersediaan data dilapangan. Unit pembangkitan yang memiliki data konsumsi bahan bakar tapi tidak memiliki data kualitas bahan bakar (proximate dan ultimate analysis), dan data analisis pasca pembakaran dapat menghitung total emisi CO_2 per jenis bahan bakar dengan menggunakan rumus penghitungan emisi CO_2 [3].

B. Perhitungan Emisi

Perancangan aplikasi pertama bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam menghitung emisi karbon yang dihasilkan dari pengembangan energi baru terbarukan (EBT). Aplikasi ini akan menggunakan data dari RUPTL 2021-2030 yang mencakup jumlah kapasitas pembangkit yang akan dibangkitkan menggunakan EBT [2]. Jumlah kapasitas energi tersebut akan dihitung dan dikonversikan menjadi jumlah emisi karbon yang dihasilkan sesuai dengan RUPTL. Dengan menggunakan satuan MW sebagai acuan, aplikasi ini akan memberikan hasil perhitungan emisi karbon yang mudah dipahami oleh pengguna. Aplikasi ini juga didesain dengan antarmuka yang mudah digunakan, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengoperasikan sistem perhitungan emisi karbon dan mendapatkan hasil yang relevan dan bermanfaat.

III. METODE

A. Perhitungan Emisi PLTU

Berdasarkan kebijakan PLN pada tahun 2022 akan membangun pembangkit dengan kapasitas terpasang sebesar 647 MW dari berbagai jenis pembangkit energy terbarukan. Dari pembangkit energy terbarukan tersebut akan dihitung berapa emisi CO_2 yang dihasilkan dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh pembangkit thermal (dalam hal ini diambil PLTU Batubara). Sehingga perlu dihitung terlebih dahulu emisi yang dihasilkan oleh PLTU Batubara tersebut [4]. Dalam menghitung emisi perlu dikemukakan berbagai asumsi antara lain, PLTU Batubara :

- Batubara yang digunakan adalah batubara yang memiliki kalori sedang (batubara bituminous) dengan 66,6% carbon [3].
- Efisiensi thermis (30%-33,4%), dalam perhitungan penelitian ini diambil 33%.
- Faktor kapasitas 80%
- Net Caloric Value batubara bituminous (sedang) sebesar 7,2 kWh/kg

Beberapa persamaan yang diperlukan dalam perhitungan emisi :

Energi listrik yang dibangkitkan = Kapasitas x Waktu Operasi ... (1)

$$\text{Energi Bahan Bakar} = \frac{\text{Energi listrik yang dibangkitkan}}{\text{Efisiensi Thermal}} \dots (2)$$

$$\text{Konsumsi Bahan Bakar} = \frac{\text{Energi Bahan Bakar}}{\text{Net Caloric Value}} \dots (3)$$

$$\text{Emisi } CO_2 = \text{Konsumsi Bahan Bakar} \times \%C \text{ Bahan Bakar} \times \frac{44}{12} \dots (4)$$

Dimana panas yang tersedia saat diukur dengan suatu metoda yang standar disebut gross calorific value (GCV). GCV, setelah dikurangi dengan kehilangan panas sensibel dan panas laten dari hasil pembakaran disebut net calorific value (NCV). Sehingga NCV batubara merupakan panas berguna dari batubara [7]. NCV untuk batubara bituminous (sedang) adalah sebesar 25,8 Tjoule/kTon atau 7,2 kWh/kg, sedangkan untuk batubara sub-bituminous (rendah) memiliki NCV sebesar 18,9 Tjoule/kTon.

B. Perhitungan Emisi Pembangkit Listrik Panas Bumi

Dari berbagai jenis pembangkit energi terbarukan yang akan dibangun, ada dua jenis pembangkit yaitu PLT Panas Bumi dan PLT Biomasa/Sampah yang masih menghasilkan emisi CO_2 [3]. Pada pembangkit PLT Panas Bumi, memiliki faktor emisi CO_2 sebesar 0,1267 ton/MWh [5], sehingga dengan menggunakan faktor operasi yang sama dengan pembangkit berbahan bakar batu bara yaitu 80% (atau pembangkit dioperasikan dalam 7008 jam/tahun), maka emisi CO_2 per MW didapatkan dari rumus berikut :

$$\text{Emisi } CO_2 = \text{Kapasitas} \times \text{Waktu Operasi} \times \text{Faktor Emisi} \quad (4)$$

C. Perhitungan Emisi Pembangkit Listrik Biomassa

Pada pembangkit PLT Biomasa, memiliki faktor emisi CO_2 sebesar 0,341253 ton/MWh [6]. Dengan faktor operasi 80%, maka emisi CO_2 yang dihasilkan dari pengoperasian PLT Biomasa/Sampah per tahun per MW didapatkan dari rumus berikut :

$$\text{Emisi } CO_2 = \text{Kapasitas} \times \text{Waktu Operasi} \times \text{Faktor Emisi} \quad (5)$$

Sedangkan pengoperasian PLTA, PLT Minihidro/Mikrohidro, PLTS, dan PLT Bayu tidak menghasilkan emisi CO_2 [4]. Dari pembangkit energi terbarukan tersebut akan dihitung berapa emisi CO_2 yang dihasilkan dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh PLTU Batubara. Sehingga perlu dihitung terlebih dahulu emisi yang dihasilkan oleh PLTU Batubara [4].

TABEL 2
(EMISI CO₂ PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI)

Tahun	Kapasitas (MW)	Waktu Operasi (jam)	Faktor Emisi (ton/MWh)	Emisi CO ₂ (ton)
2021	12	7008	0,341253	28698,01229
2022	43	7008	0,341253	102834,544
2023	88	7008	0,341253	210452,0901
2024	191	7008	0,341253	456776,6956
2025	221	7008	0,341253	528521,7263
2026	20	7008	0,341253	47830,02048
2027	0	7008	0,341253	0
2028	15	7008	0,341253	35872,51536
2029	0	7008	0,341253	0
2030	0	7008	0,341253	0

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Emisi CO₂ PLTU Batabara Per MW

Dengan menggunakan asumsi bahwa PLTU menggunakan batubara bituminous maka, dapat dihitung emisi CO₂ dari PLTU per MW pembangkitan daya. Energi listrik yang dibangkitkan per MW menggunakan persamaan (1), sebesar:

$$120 \text{ MW} \times 0.8 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun} \times 24 \text{ jam/hari} = 840.960 \text{ MWh} = 840.960.000 \text{ kWh}$$

Dengan menggunakan persamaan (2) dapat dihitung energi bahan bakar. Energi bahan bakar per MW pembangkitan daya sebesar:

$$840.960.000 \text{ kWh} / 0.33 = 2.548.363.636 \text{ kWh.}$$

Dengan menggunakan persamaan (3) dapat dihitung konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar per MW pembangkitan daya sebesar:

$$2.548.363.636 \text{ kWh} / 7.2 \text{ kWh/kg} = 353.939.393,9 \text{ kg.}$$

Dengan menggunakan persamaan (4) dapat dihitung Emisi CO₂.

$$\text{Emisi CO}_2 = 353.939.393,9 \text{ kg} \times 0.667 \times (44/12) = 865.617.777,8 \text{ kg} = 865.617,77 \text{ ton.}$$

Emisi yang dihasilkan pada pengoperasian pembangkit berbahan bakar batubara adalah sebesar 865.617,77 ton dengan kapasitas 120 MW.

B. Perhitungan Emisi CO₂ Pembangkit Listrik Panas Bumi

Hasil emisi CO₂ per MW dengan menggunakan persamaan (4) dapat dihitung emisi CO₂.

$$\text{Emisi CO}_2 = 1 \text{ MW} \times 7008 \text{ jam} \times 0,341253 \text{ ton/MWh} = 2.391,50 \text{ ton}$$

Berdasarkan RUPTL pembangkit EBT 2021-2030 didapatkan kapasitas pembangkit Pembangkit Listrik Panas Bumi pada tiap tahunnya. Dengan menggunakan persamaan (4) dapat dihitung Emisi CO₂.

TABEL 3
(EMISI CO₂ PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA)

Tahun	Kapasitas (MW)	Waktu Operasi (jam)	Faktor Emisi (ton/MWh)	Emisi CO ₂ (ton)
2021	136	7008	0,1267	120756,2496
2022	108	7008	0,1267	95894,6688
2023	190	7008	0,1267	168703,584
2024	141	7008	0,1267	125195,8176
2025	870	7008	0,1267	772484,832
2026	290	7008	0,1267	257494,944
2027	123	7008	0,1267	109213,3728
2028	450	7008	0,1267	399561,12
2029	240	7008	0,1267	213099,264
2030	808	7008	0,1267	717434,1888

C. Perhitungan Emisi CO₂ Pembangkit Listrik Biomassa

Hasil emisi CO₂ per MW dengan menggunakan persamaan (5) dapat dihitung emisi CO₂.

$$\text{Emisi CO}_2 = 1 \text{ MW} \times 7008 \text{ jam} \times 0,1267 \text{ ton/MWh} = 887,91 \text{ ton}$$

Berdasarkan RUPTL pembangkit EBT 2021-2030 didapatkan kapasitas pembangkit Pembangkit Listrik Panas Bumi pada tiap tahunnya. Dengan menggunakan persamaan (5) dapat dihitung Emisi CO₂.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian, Emisi CO₂ pada pengoperasian pembangkit energi terbarukan jauh lebih rendah dibanding dengan emisi yang dihasilkan oleh pembangkit dengan bahan bakar fosil (khususnya batubara). Untuk Emisi CO₂ dengan kapasitas 120 MW PLTU didapatkan hasil 865.617,77 ton. Lalu emisi CO₂ PLT Panas Bumi pada tahun 2021 didapatkan hasil 120.756,2496 ton, pada tahun 2022 didapatkan hasil 95.894,6688 ton, pada tahun 2023 didapatkan hasil 168.703,584 ton. Emisi CO₂ PLT Biomassa pada 2021 didapatkan hasil 28.698,01229 ton, lalu di tahun 2022 didapatkan hasil 102.834,544 ton, selanjutnya pada 2023 didapatkan hasil 210.452,0901 ton.

REFERENSI

- [1] UU No 30 Tahun 2007, tentang Energi
- [2] Direktorat Perencanaan Korporat. (2021). Diseminasi RUPTL 2021-2030 [Presentasi PowerPoint]. Available: <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/10/materi-diseminasi-2021-2030-publik.pdf>
- [3] Budi, Rizki Firmansyah Setya, and Suparman Suparman. "Perhitungan Faktor Emisi CO₂ PLTU Batubara dan PLTN." *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir* 15.1 (2013).
- [4] Raharjo, Jangkung, Rokhmat, Mamat., Priambodo, Nur Widi. (2022). Dampak Emisi Karbon dioksida Dari Pemanfaatan Sumber Energi Listrik Terbarukan Di Indonesia Tahun 2018-2022. Dewa Publishing
- [5] Alimuddin, Tambunan AH, and Novianto A. Machfud. "Analisis Emisi CO₂ Pembangkit Listrik Panas Bumi Ulubelu Lampung dan Kontribusinya Terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik di Provinsi Lampung." *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 9.2 (2018): 287-304.
- [6] Yun, S. K. "Development of GHG emission factors for alternative fuels with assessment of emission reduction in cement industry." Graduate student good articles for United Nations Framework Convention on Climate Change, the Korea Energy Management Corporation. 2007.
- [7] HUSEINI, Faisal; SOLIHIN, Solihin; PRAMUSANTO, Pramusanto. Kajian Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat, Total Sulfur dan Nilai Kalor Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT Semen Padang Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 2018, 668-677.