

PERAN PLTN DALAM Mendukung Komitmen Pemerintah Untuk Mengurangi Emisi CO₂

Agus Sugiyono

Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi (PTPSE) BPPT
Gedung BPPT II, lantai 20, Jl. MH Thamrin 8, Jakarta 10340
Telp./Faks.: 021-316-9768/390-4533 Email: agussugiyono@yahoo.com

ABSTRAK

PERAN PLTN DALAM Mendukung Komitmen Pemerintah Untuk Mengurangi Emisi CO₂. Pemerintah Indonesia menaruh perhatian yang besar terhadap isu perubahan iklim global. Hal ini terlihat dari kebijakan, peraturan dan program yang telah dikeluarkan hingga saat ini dalam rangka mitigasi dan adaptasi gas rumah kaca (GRK). Pada pertemuan G-20 di Pittsburgh bulan September 2009, Pemerintah Indonesia mengeluarkan komitmen untuk menurunkan emisi GRK di Indonesia sebesar 26 persen pada 2020. Komitmen pengurangan emisi ini merupakan salah satu aksi mitigasi perubahan iklim dan untuk sektor energi diharapkan dapat mencapai penurunan emisi kurang lebih 6 persen. Salah satu opsi untuk mengurangi emisi di sektor energi adalah dengan menggunakan PLTN. Namun dalam perencanaan pengembangan ketenagalistrikan nasional seperti tertuang dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2009–2018, PLTN belum merupakan pilihan untuk dikembangkan. Dengan menganggap bahwa perencanaan yang ada saat ini sebagai skenario baseline, maka dapat dibuat skenario alternatif dengan mengganti PLTU batubara dengan menggunakan PLTN. Pada skenario alternatif menggunakan PLTN dengan kapasitas 1000 MW dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 8,5 juta ton per tahun mulai dari tahun 2020 atau sekitar 2,15% dari total emisi pada tahun tersebut.

Katakunci: PLTN, gas rumah kaca, perubahan iklim global.

ABSTRACT

ROLE OF NUCLEAR POWER PLANT IN SUPPORTING OF GOVERNMENT COMMITMENT TO REDUCE CO₂ EMISSIONS. The government of Indonesian concerns with the issue of global climate change. The attention was visible from the policies, regulations and programs that had been issued to date in the framework of mitigation and adaptation to the greenhouse gases (GHGs). At the G-20 meeting at Pittsburgh in September 2009, the government of Indonesian has committed to reduce GHG emissions in Indonesia as much as 26 percent in 2020. This emission reduction commitment is one of actions to mitigate climate change. Energy sector is expected to achieve emission reductions of approximately 6 percent. One of the options for reducing emissions in the energy sector is by using the nuclear power plant (NPP). But in the national electricity development planning of PT PLN (Persero) from 2009 to 2018, NPP has not yet been introduced as an option for further development. Assuming that the current plan as a baseline scenario, then it can be created the alternative scenario by replacing coal fired power plant using NPP. In the alternative scenario using 1000 MW capacity of nuclear power plant could reduce CO₂ emissions by 8.5 million tones per annum from the year 2020 or approximately 2.15% of total emissions in that year.

Keywords: nuclear power plant, greenhouse gas, global climate change.

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia menaruh perhatian yang besar terhadap isu perubahan iklim global. Hal ini terlihat dari kebijakan, peraturan, dan program yang telah dikeluarkan hingga saat ini dalam rangka mitigasi dan adaptasi gas rumah kaca (GRK). Program-program pemerintah tersebut dimuat dalam dokumen TNA (*Technology Needs Assessment*) maupun dokumen Komunikasi Nasional Kedua Indonesia (*Indonesia Second National Communication*) yang melaporkan emisi GRK di Indonesia kepada *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Berdasarkan Komunikasi Nasional Kedua Indonesia tersebut dinyatakan bahwa pada tahun 2005 total emisi GRK di Indonesia mencapai 1,1 Gton dan dari sektor energi menyumbang 0,4 Gton atau sekitar 36 persen dari total emisi GRK^[1]. Selain itu, dalam pertemuan G-20 di Pittsburgh pada bulan September 2009, Pemerintah Indonesia mengeluarkan komitmen untuk menurunkan emisi GRK di Indonesia sebesar 26 persen pada 2020. Komitmen pengurangan emisi ini merupakan salah satu aksi mitigasi perubahan iklim. Sektor kehutanan diharapkan dapat mencapai penurunan emisi kurang lebih 14 persen melalui kegiatan pengelolaan hutan seperti pencegahan deforestasi, degradasi, kegiatan penanaman kembali serta penurunan jumlah *hot spot* kebakaran hutan. Sektor energi energi dan pengelolaan limbah diharapkan dapat mencapai penurunan emisi masing-masing kurang lebih 6 persen. Pengurangan emisi GRK untuk sektor energi dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi baru dan terbarukan serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Komitmen penurunan emisi GRK tersebut disampaikan kembali pada konferensi perubahan iklim yang diadakan oleh UNFCCC di Kopenhagen pada Desember 2009.

Sektor energi merupakan salah satu sektor yang cukup besar perannya dalam menyumbang emisi GRK. Oleh karena itu sektor energi perlu diinventarisasi besarnya emisi GRK untuk jangka panjang serta potensi untuk menurunkannya dengan menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan. Salah satu opsi untuk mengurangi emisi di sektor energi, khususnya untuk pembangkit tenaga listrik adalah dengan menggunakan energi baru dan terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Namun dalam perencanaan pengembangan ketenagalistrikan nasional seperti tertuang dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2009–2018, PLTN belum merupakan pilihan untuk dikembangkan. Salah satu pertimbangan tidak memasukkan PLTN dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) tersebut adalah masalah biaya EPC, biaya pengelolaan *spent fuel* dan biaya dekomisioning yang masih belum jelas. Pengambilan keputusan untuk mengembangkan PLTN tidak semata-mata didasarkan pada pertimbangan keekonomian, namun juga pertimbangan lain seperti aspek politik, keselamatan, sosial, budaya dan lingkungan. Dengan adanya berbagai aspek yang multi dimensional tersebut, program pembangunan PLTN hanya dapat diputuskan oleh Pemerintah^[2].

Terlepas dari pro dan kontra pembangunan PLTN, dalam makalah ini akan dibahas peran PLTN dalam mengurangi emisi GRK bila untuk jangka panjang digunakan sebagai opsi pembangkit listrik menggantikan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan menggunakan bahan bakar batubara. Dengan menganggap bahwa perencanaan yang ada saat ini sebagai skenario *baseline* maka dapat dibuat skenario alternatif dengan mengganti PLTU batubara dengan menggunakan PLTN. PLTN untuk jangka panjang diharapkan dapat sebagai pelengkap untuk menjamin ketersediaan pasokan listrik. Implementasi PLTN di Korea, Jepang, China, dan Perancis saat ini dapat dijadikan acuan dalam pemanfaatan energi nuklir yang aman. Dengan menerapkan skenario alternatif tersebut dapat dilihat seberapa besar peran PLTN dalam mendukung komitmen untuk mengurangi emisi GRK. Skenario alternatif ini dapat dipandang sebagai aksi responsif dan antisipatif yang dapat dilakukan untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim.

2. SISTEM KELISTRIKAN NASIONAL

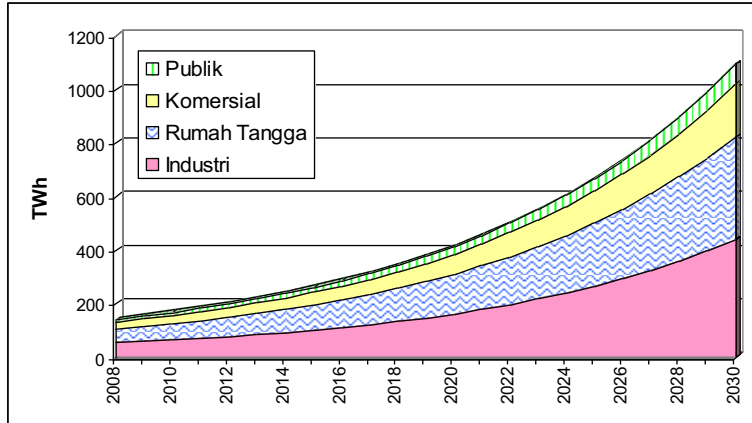
Pengembangan PLTN selalu dikaitkan dengan pengembangan kelistrikan nasional untuk jangka panjang. Setiap jenis pembangkit mempunyai faktor emisi GRK yang berbeda-beda tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan. Sebelum membahas lebih lanjut emisi GRK di sektor kelistrikan maka perlu dibahas dahulu kondisi kelistrikan saat ini serta pengembangannya. Pengembangan sektor kelistrikan berdasarkan basis data tahun 2008 dan diproyeksikan hingga tahun 2030.

2.1. Perkembangan Kelistrikan Nasional

Energi listrik menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas hidup sekaligus menjadi motor bagi kemajuan ekonomi maupun sosial. Akses masyarakat pada layanan listrik perlu terus ditingkatkan untuk menghapuskan kemiskinan dan meningkatkan standar kehidupan masyarakat. Kebutuhan listrik tersebut dipenuhi dari pasokan listrik yang berasal dari pembangkit P.T. PLN (Persero), pembangkit swasta (*independent power producer/IPP*), *captive power*, dan sebagian kecil dari koperasi. Kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik PLN dan IPP sampai dengan tahun 2008 mencapai sebesar 30,3 GW^[3]. Sedangkan kapasitas *captive power* diperkirakan mencapai sekitar 40% dari total pembangkit PLN dan IPP. Kapasitas *captive power* diperkirakan akan terus menurun perannya untuk jangka panjang karena lebih efisien menggunakan listrik PLN dari pada membangkitkan sendiri.

Pada tahun 2008 sebagian besar pembangkit listrik PLN dan IPP menggunakan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara dengan kapasitas terpasang mencapai 40% dari total kapasitas. Diikuti oleh pembangkit berbahan bakar gas sebesar 35% baik menggunakan pembangkit listrik turbin gas (PLTG), maupun pembangkit listrik gas *combined cycle* (PLTGU). Sisanya menggunakan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebesar 12%, pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) sebesar 10%, pembangkit listrik panas bumi (PLTP) sebesar 3%, dan sisanya pembangkit listrik tenaga minyak (PLTM) yang kapasitasnya saat ini sangat kecil. Sedangkan pembangkit tenaga angin meskipun sudah ada namun masih sangat kecil peranannya.

Penambahan kapasitas pembangkit listrik tergantung atas tingkat pertumbuhan kebutuhan listrik per wilayah yang besarnya dipengaruhi oleh perkiraan pertumbuhan ekonomi, target rasio elektrifikasi, dan substitusi *captive power* dengan listrik PLN dan IPP. Studi BPPT (2009) memprakirakan bahwa pertumbuhan ekonomi untuk skenario tinggi akan tumbuh sekitar 6.5% per tahun untuk periode 2008-2025^[4]. Berdasarkan studi tersebut dan dianggap pertumbuhan masih tetap sampai tahun 2030 maka produk domestik bruto (PDB) Indonesia akan meningkat dari sebesar 2.080 triliun Rupiah pada tahun 2008 menjadi 8.079 triliun Rupiah pada tahun 2030. Sedangkan pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan rata-rata sebesar 1,1% per tahun dari 228 juta jiwa pada tahun 2008 menjadi 290 juta jiwa pada tahun 2030.

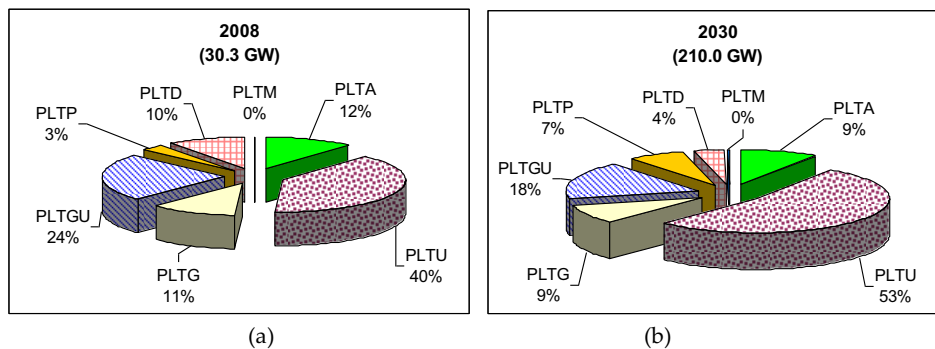


Diolah dari [2] dan [4]

Gambar 1. Prakiraan Kebutuhan Listrik Nasional

Seiring dengan meningkatnya pendapatan, jumlah penduduk dan ratio elektrifikasi di seluruh wilayah Indonesia diperkirakan total kebutuhan listrik nasional selama periode 2008-2030 meningkat rata-rata sebesar 9,8% per tahun. Kebutuhan listrik akan meningkat dari 140 TWh pada tahun 2008 menjadi 1.097 TWh pada tahun 2030 (Gambar 1). Pemanfaatan listrik pada sektor industri diperkirakan akan terus dominan dengan pangsa sekitar 40% dari total kebutuhan pada tahun 2030. Pangsa kebutuhan listrik untuk rumah tangga mencapai 35% diikuti oleh sektor komersial sebesar 18% dan sektor publik sebesar 7%.

Pertumbuhan kebutuhan listrik yang cukup pesat mengakibatkan diperlukannya penambahan kapasitas pembangkit yang cukup besar pula. Total kapasitas pembangkit listrik nasional (PLN dan IPP) meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 9% per tahun dari 30,3 GW pada tahun 2008 menjadi 201 GW pada tahun 2030. Dalam kurun waktu 22 tahun diperlukan penambahan kapasitas sebesar 171 GW. Teknologi pembangkit yang paling dominan dalam penambahan kapasitas pembangkit selama rentang waktu 2008-2030 adalah PLTU berbahan bakar batubara dengan penambahan kapasitas sebesar 94 GW. Diikuti dengan PLTGU sebesar 29 GW, PLTA sebesar 15 GW, dan PLTG sebesar 14 GW. Teknologi pembangkit lain adalah PLTP yang diperkirakan perlu tambahan kapasitas total sebesar 13 GW. Selain itu PLTD maupun PLTM diperkirakan akan terus menurun pangsanya digantikan dengan pembangkit yang biaya bahan bakarnya relatif lebih murah. Perkembangan penambahan kapasitas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perkembangan Kapasitas Terpasang Pembangkit PLN dan IPP

2.2. Faktor Emisi

Emisi GRK dapat berupa gas karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), dinitro oksida (N₂O), *perfluorocarbon* (PFC), *hydrofluorocarbon* (HFC) dan *sulphur hexafluoride* (SF₆). Setiap gas mempunyai potensi pemanasan global (*Global Warming Potential - GWP*) yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO₂ dengan nilai 1. Makin besar nilai GWP, maka akan semakin bersifat merusak. Emisi gas CO₂ mempunyai kontribusi terbesar terhadap pemanasan global, sehingga dalam makalah ini akan dibahas lebih lanjut emisi CO₂ saja namun tidak jenis gas lainnya.

Dasar untuk menghitung emisi CO₂ adalah buku pedoman yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) serta *best practice* yang sudah dikeluarkan oleh beberapa negara. Emisi CO₂ secara sederhana dihitung berdasarkan koefisien emisi setiap jenis bahan bakar yang digunakan dan mengalikan dengan pemakaian bahan bakar. Dalam rumus matematik besarnya emisi CO₂ dalam ton CO₂ dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini^[5].

$$\text{Emisi CO}_2 = (\text{konsumsi bahan bakar}) \times (\text{nilai kalor}) \times (\text{kandungan-C}) \times (\text{C-teroksidasi}) \times (44/12)$$

Dalam rumus tersebut ada beberapa asumsi yang harus diambil bila data seperti karbon teroksidasi tidak diperoleh. Untuk kasus khususnya pembangkit listrik di Indonesia, UNDP (2007) telah menghitung secara rinci emisi CO₂ tahun 2005. Koefisien emisi setiap jenis pembangkit ditunjukkan pada Tabel 1. Menggunakan faktor koefisien emisi CO₂, maka akan dapat dihitung emisi CO₂ di sektor kelistrikan untuk tahun dasar dan proyeksinya hingga tahun 2030.

Tabel 1. Koefisien Emisi CO₂ dari Pembangkit Listrik^[6]

Teknologi Pembangkit Listrik	Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (kg/kWh)
PLTU	Batubara	1.1400
	Gas Alam	0.6780
	HSD	1.0530
	MFO	0.8760
PLTG	Gas Alam	1.0020
	HSD	1.0910
PLTGU	Gas Alam	0.5050
	HSD	0.7090
PLTD	HSD	0.7860
	MFO/IDO	0.7280
PLTP		0.2000
PLTA		0.0000
Total		0.7560

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Skenario *Baseline*

Kebijakan dan perencanaan kelistrikan nasional yang ada sampai saat ini dapat dipandang sebagai skenario *baseline*. Pengembangan kelistrikan skenario *baseline* ini tidak melakukan mitigasi GRK sehingga teknologi pembangkit yang direncanakan hanya berdasarkan faktor keekonomian saja. PLN (2008) dalam perencanaan pengembangan kelistrikan sampai tahun 2018 telah menginventarisasi beberapa kendala yang dihadapi dalam mencapai target pembangunan kelistrikan. Rencana pengembangan dan kendala yang dihadapi dapat dirangkumkan sebagai berikut.

Pembangunan pembangkit listrik berbahan bakar batubara dalam 10 tahun ke depan diperkirakan cukup pesat. Kebutuhan listrik yang terbesar adalah di Jawa namun saat ini semakin sulit mendapatkan lahan untuk membangun PLTU skala besar baru. Oleh karena itu diharapkan sekitar 30% dari kapasitas yang akan dibangun berupa pembangkit mulut tambang yang menggunakan batubara berkalori rendah di Sumatera. Mengingat kebutuhan listrik di Sumatera relatif masih kecil maka sebagian besar tenaga listrik dari mulut tambang akan dikirim ke pulau Jawa dengan menggunakan transmisi lewat laut.

Pengembangan pembangkit berbahan bakar gas dihadapkan kendala harga gas alam. Pada tahun 2005 harga gas di pasar dalam negeri sekitar US\$ 3/MMBTU, namun pada semester pertama tahun 2008 harga gas telah naik menjadi US\$ 6/MMBTU. Harga ini dapat naik turun seiring dengan kenaikan harga minyak mentah. Kendala lain adalah belum siapnya transmisi gas alam melalui pipa di Jawa. Sedangkan mengembangkan PLTP dan PLTA dihadapkan pada kendala kesulitan memperoleh dana investasi serta faktor regulasi yang berhubungan dengan lingkungan karena banyak dari potensi PLTP dan PLTA tersebut berlokasi di hutan lindung dan bahkan di hutan konservasi^[2].

3.2. Skenario Alternatif

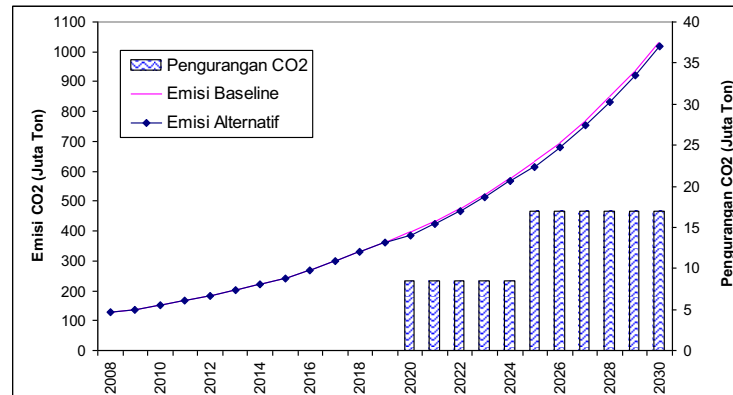
Pembakaran bahan bakar fosil akan menghasilkan emisi CO₂ yang menimbulkan efek pemanasan global dan juga menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan lokal. Pengembangan kelistrikan nasional ke depan telah mempertimbangkan penggunaan teknologi *supercritical boiler* yang akan menghasilkan emisi yang lebih sedikit untuk setiap kWh listrik yang dihasilkannya. Disamping itu juga digunakan *electrostatic precipitator* dan *flue gas desulphurization* untuk mengurangi polutan yang berdampak lokal. Teknologi batubara bersih (*clean coal technology*) yang lebih maju, seperti *integrated gassification combined cycle* (IGCC) dan *carbon capture and storage* (CCS) masih dalam tahap pengembangan dan untuk saat ini belum menjadi pertimbangan.

Dalam rangka mengurangi emisi CO₂ yang berdampak global tersebut maka dibuat skenario alternatif dengan memanfaatkan PLTN untuk menggantikan sebagian pembangkit dengan bahan bakar fosil terutama batubara. PLTN sudah digunakan oleh negara-negara lain lebih dari 50 tahun. Saat ini terdapat 436 unit PLTN yang beroperasi di dunia dan sejak tahun 1980 telah menghasilkan listrik sekitar 14-16% dari total produksi listrik dunia. Sehingga PLTN dianggap telah menjadi teknologi mitigasi yang cukup signifikan dalam mengurangi emisi CO₂^[7]. Pada skenario alternatif ini digunakan PLTN dengan kapasitas terpasang 1.000 MW dan diperkirakan dapat beroperasi 1 unit pada tahun 2020 dan bertambah 1 unit pada tahun 2025. Mengingat untuk pembangunan PLTN memerlukan waktu sekitar 10 tahun maka paling cepat PLTN dapat beroperasi pada tahun 2020. Dengan menggunakan PLTN ini diharapkan dapat meningkatkan *security of supply* dibandingkan dengan menggunakan PLTU batubara. Dengan menggunakan batubara maka ketersediaannya sangat ditentukan oleh kebijakan pemerintah mengenai *domestic market obligation* (DMO) dan batasan harga.

3.3. Emisi CO₂

Dari hasil perhitungan diperkirakan bahwa emisi CO₂ dari sektor kelistrikan akan meningkat dari 128 juta ton pada tahun 2008 menjadi 1.034 juta ton pada tahun 2030 untuk skenario *baseline*. Dari 1.034 juta ton emisi tersebut, 757 juta ton (73%) berasal dari pembakaran batubara. Sedangkan bahan bakar gas menyumbang emisi sebesar 236 juta ton (23%). Rata-rata jumlah emisi per kWh akan meningkat dari 0,801 kg CO₂/kWh pada tahun 2008, menjadi 0,842 kg CO₂/kWh pada tahun 2030. Peningkatan ini terjadi karena semakin besar pangsa PLTU batubara yang digunakan. Untuk skenario alternatif, pada tahun 2020-

2024 emisi CO₂ dapat dikurangi sebesar 8,5 juta ton per tahun dan naik menjadi 17,0 juta ton per tahun pada tahun 2025-2030. Penurunan ini setara dengan 2,15% pada tahun 2020 dan 1,64% pada tahun 2030. Perbandingan emisi CO₂ untuk kedua skenario tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Emisi CO₂ untuk Skenario *Baseline* dan *Alternatif*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan menggunakan asumsi pertumbuhan ekonomi rata-rata 6,5% per tahun dan pertumbuhan penduduk 1,1% per tahun, proyeksi kebutuhan listrik diperkirakan akan meningkat dari 140 TWh pada tahun 2008 menjadi 1.097 TWh pada tahun 2030, atau mengalami pertumbuhan rata-rata 9,8% selama 22 tahun mendatang. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, dibutuhkan penambahan pembangkit listrik untuk periode 2008-2030 sebesar 171 MW. Teknologi pembangkit yang paling dominan untuk penambahan kapasitas pembangkit adalah PLTU berbahan bakar batubara dengan penambahan sebesar 94 GW. Diikuti dengan PLTGU sebesar 29 GW, PLTA sebesar 15 GW, PLTG sebesar 14 GW, dan PLTP sebesar 13 GW.

Penggunaan bahan bakar fosil akan menimbulkan emisi CO₂. Hasil perhitungan diperkirakan bahwa emisi CO₂ dari sektor kelistrikan akan meningkat dari 128 juta ton pada tahun 2008 menjadi 1.034 juta ton pada tahun 2030 untuk skenario baseline. Emisi gas CO₂ sebesar 1.034 juta ton tersebut, sebanyak 757 juta ton (73%) nya berasal dari pembakaran batubara dan 236 juta ton (23%) berasal dari bahan bakar gas. Untuk skenario alternatif, pada tahun 2020-2024 emisi CO₂ dapat dikurangi sebesar 8,5 juta ton per tahun dan naik menjadi 17,0 juta ton per tahun pada tahun 2025-2030. Penurunan ini setara dengan 2,15% pada tahun 2020 dan 1,64% pada tahun 2030. Pengurangan emisi ini belum cukup besar bila dibandingkan dengan target penurunan emisi GRK sebesar 6% di sektor energi pada tahun 2020.

Perhitungan analisis dalam makalah ini belum memasukkan *life cycle analysis* untuk setiap jenis pembangkit mulai dari tahap pembuatan sampai dekomisioning. Beberapa studi perhitungan emisi GRK di negara maju yang telah mempertimbangkan faktor tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan energi terbarukan akan lebih signifikan perannya dalam mengurangi emisi GRK. Perhitungan emisi GRK untuk Indonesia ke depan perlu memperhitungkan *life cycle analysis* tersebut supaya analisis dapat lebih teliti dan komprehensif.



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. MoE, *“Summary for Policy Makers: Indonesia Second National Communication Under The United Nations Framework Convention on Climate Change”*, State Ministry for the Environment, Tahun 2009.
- [2]. PLN, *“Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2009 – 2018”*, PT PLN Persero, Tahun 2009.
- [3]. DESDM, *“Handbook of Energy Economy Statistics Indonesia”*, Departmen Energi dan Sumber Daya Mineral, Tahun 2009.
- [4]. PERMANA, A.D., SUGIYONO, A., SUHARYONO, H., BOEDOYO, M.S. *“Outlook Energi Indonesia 2009”*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta Tahun 2009.
- [5]. IPCC, *“Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual”*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Tahun 1996.
- [6]. UNDP, *“Indonesia: Microturbine Cogeneration Technology Application Project”*, United Nation Development Programme, Tahun 2007.
- [7]. ROGNER, H., TOTH, F.L., MC DONALD, *“Judge Nuclear on Its Merits”*, Climate Action 2009/2010, Sustainable Development International, Tahun 2009.