



Economic Analysis of the System by Optimizing RE Generators and Externality Cost Considerations

Sadmoko H Pambudi

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

September 3, 2020



Analisa Keekonomian Sistem dengan Optimalisasi Pembangkit EBT dan Pertimbangan Biaya Eksternalitas

Sadmoko H Pambudi

Manajemen Energi dan Ketenagalistrikan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
sabiqko@gmail.com¹

Abstract

Power plant development planning challenged by several targets such as increasing renewable energy (RE), reducing greenhouse gas (GHG) emissions and commitment to environmental sustainability while still considering economic principles. Utilization of RE still not optimal due to ability to compete economically with fossil fuel plants. This underlies the need for an analysis of the costs of externalities as compensation for fossil energy use on public health and the environment using the amount of SO₂ and Nox. This study use least cost optimization model called Balmorel to modelling optimal alternatives on electricity demand and comparison of investment costs in several scenarios, including the target percentage of RE utilization in the National Energy General Plan (RUEN), The commitment to reduce GHG emissions, and scenarios when externality costs applied on fossil fuels. The result show that the application of externality costs will provide highest percentage of NRE utilization of 60% with an electricity tariff of 7.25 US cents / kWh, exceeding the target of NRE utilization in RUEN of 40.6% in 2040, and being able to fulfill the GHG emission reduction commitment on Nationally Determined Contribution (NDC) in 2030 with 214 million tons of CO₂ emissions (60.1% lower than the NDC CM1 target and 58% lower than CM2).

Keywords: Power Plant Planning, Externality Cost, Least Cost Optimization, Balmorel Model, Renewable Energy

Abstrak

Perencanaan pembangunan ketenagalistrikan dihadapkan pada beberapa target dalam kebijakan seperti peningkatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT), pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) serta komitmen kelestarian lingkungan dengan tetap mempertimbangkan prinsip keekonomian. Pemanfaatan EBT masih belum optimal, salah satu kendalanya adalah belum mampu bersaing secara keekonomian dengan pembangkit berbahan bakar fosil. Hal ini yang mendasari perlunya analisa biaya eksternalitas sebagai kompensasi atas dampak pemanfaatan energi fosil terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan, komponen yang dipakai dalam menghitung biaya eksternalitas adalah besaran kandungan SO₂ dan Nox yang dilepaskan selama pembangkit berbahan bakar fosil beroperasi. Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan sebuah model perhitungan berdasarkan optimasi biaya terkecil (*Least-Cost Optimization*) bernama Balmorel untuk memodelkan alternatif optimal pemenuhan kebutuhan listrik serta komparasi biaya investasi pada beberapa skenario pencapaian target, diantaranya target prosentase pemanfaatan EBT dalam Perpres Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Komitmen pengurangan emisi GRK, dan skenario apabila diberlakukan biaya eksternalitas pada pemanfaatan bahan bakar fosil. Berdasarkan hasil perhitungan, penerapan biaya eksternalitas akan menghasilkan prosentase pemanfaatan EBT paling tinggi sebesar 60% dengan besaran tarif listrik sebesar 7,25 US sen/kWh, melampaui target pemanfaatan EBT dalam RUEN sebesar 40,6% pada tahun 2040, serta mampu memenuhi komitmen pengurangan emisi GRK *Nationally Determined Contribution* (NDC) pada tahun 2030 dengan emisi sebesar 214 juta Ton CO₂ (60,1% lebih rendah dari target NDC CM1 dan 58% lebih rendah dari CM2).

Kata kunci: Perencanaan Pembangkit, Biaya Eksternalitas, *Least-Cost Optimization*, Balmorel Model, Energi Baru dan Terbarukan

1. Pendahuluan

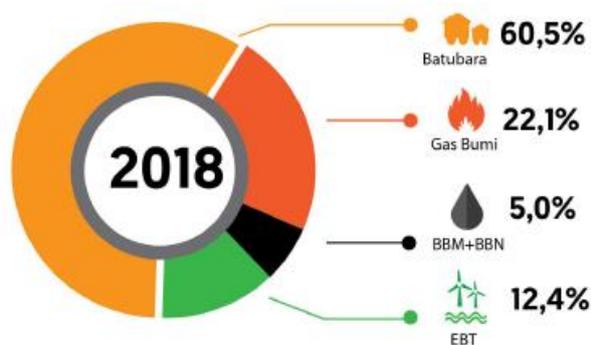
Setiap tahunnya perekonomian Indonesia terus meningkat dan diiringi dengan bertambahnya konsumsi energi listrik. Dengan bertambahnya konsumsi energi listrik harus diimbangi dengan bertambahnya pembangkit listrik. Indonesia merupakan negara dengan potensi energi terbarukan yang sangat besar. Hampir semua jenis energi terbarukan ada di Indonesia,

mulai dari air, angin, surya, biomassa, biogas, dan juga panas bumi. [1]

Pengembangan perencanaan ketenagalistrikan di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, selain untuk mencapai target rasio ketenagalistrikan dan menjaga keandalan sistem, perencanaan sektor listrik juga dihadapkan dengan beberapa sasaran kebijakan seperti meningkatkan pangsa EBT, mengurangi emisi GRK dan komitmen terhadap kelestarian lingkungan dengan

tetap mempertimbangkan prinsip ekonomi dalam perkembangannya. [7]

Meskipun sudah banyak kebijakan untuk meningkatkan pemanfaatan EBT, produksi listrik Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional, sekitar 60% dari total kapasitas terpasang bersumber dari pembangkit listrik berbasis batubara. [3] (lihat gambar 1).



Gambar 1. Kapasitas Terpasang Pembangkit, ESDM 2019

Saat ini, banyak teknologi EBT telah terbukti kehandalannya, tetapi rendahnya pemanfaatan EBT tidak hanya karena pertimbangan faktor kehandalan dan karakteristik pembangkit, tetapi juga kemampuan bersaing dengan pembangkit berbasis fosil. Hal ini terjadi karena tingginya biaya investasi, sehingga investor kesulitan mendapatkan pinjaman modal dari bank. [9]

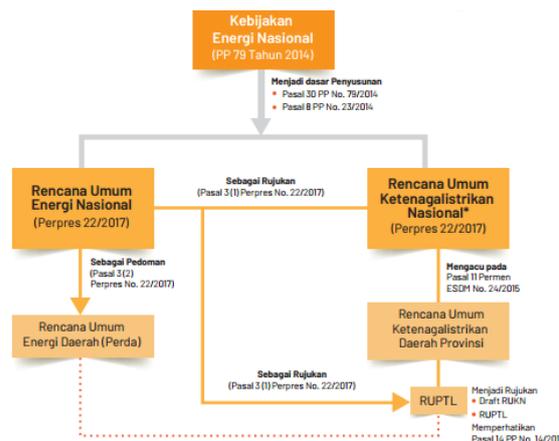
Meskipun biaya investasi pembangkit EBT semakin murah dari waktu ke waktu namun adanya stimulus yang kuat tetap diperlukan untuk bersaing, salah satunya adalah dengan mengenakan biaya terhadap dampak lingkungan pada pembangkit berbasis fosil melalui perhitungan biaya eksternalitas pembangkit. [8]

Apabila biaya setiap dampak kerusakan lingkungan yang menimbulkan dampak kesehatan tidak diperhitungkan dalam harga listrik, maka hal ini disebut biaya eksternalitas. Biaya eksternal pembangkit listrik pada umumnya tidak diperhitungkan dalam perhitungan harga listrik. Biaya eksternal pembangkit listrik ini merupakan biaya yang ditanggung masyarakat dan lingkungan namun tidak masuk dalam perhitungan harga produsen tenaga listrik. Biaya pemeliharaan lingkungan dan biaya eksternal pembangkit listrik yang paling utama adalah pada saat pembangkitan yang berupa dampak polusi udara terhadap kesehatan yang diukur melalui tingkat kandungan No_x dan SO_2 . [10]

Dari sisi regulasi, saat ini terdapat 2 (dua) rezim perencanaan pengembangan ketenagalistrikan di Indonesia, yaitu Undang-undang (UU) Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi dan UU Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan. Berdasarkan UU

Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi terdapat peraturan turunan diantaranya:

(1) Kebijakan Energi Nasional (KEN), yakni sebuah kebijakan yang berisikan ketersediaan energi untuk kebutuhan nasional, prioritas pengembangan energi, pemanfaatan sumber daya energi dan cadangan penyangga energi nasional. KEN merupakan kebijakan yang disusun dan dirumuskan oleh Dewan Energi Nasional dan ditetapkan oleh Pemerintah dengan persetujuan DPR dalam bentuk Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014;



Gambar 2. Alur Perencanaan Ketenagalistrikan

(2) Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), merupakan penjabaran dan rencana pelaksanaan Kebijakan Energi Nasional yang bersifat lintas sektor untuk mencapai sasaran Kebijakan Energi Nasional. Adapun kebijakan ini mencakup arah kebijakan energi nasional hingga 2050. RUEN merupakan kebijakan yang disusun oleh Pemerintah Pusat dan ditetapkan oleh Dewan Energi Nasional dalam bentuk Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017. Rencana umum energi tidak hanya perlu ditetapkan secara nasional, namun juga per provinsi, dalam bentuk Rencana Umum Energi Daerah (RUED-P). Dalam RUEN terdapat penjabaran target bauran energi nasional sebesar 23% energi terbarukan pada tahun 2025, dimana untuk mencapai target tersebut diperlukan peningkatan pangsa EBT pada sektor pembangkit sebesar 34%.

Sedangkan berdasarkan UU No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, diantaranya:

(1) Rencana Umum Ketenagalistrikan ini merupakan rencana pengembangan sistem penyediaan tenaga listrik yang meliputi bidang pembangkitan, transmisi, dan distribusi tenaga listrik yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik dan berlaku selama 20 tahun, Rencana Umum Ketenagalistrikan kemudian dibagi menjadi Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) dan Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah (RUKD) ini wajib ditetapkan

oleh Menteri dan Gubernur sesuai dengan kewenangannya. Adapun RUKN disusun berdasarkan KEN dan merujuk kepada RUEN.

(2) Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) adalah sebuah rencana pengembangan tenaga listrik dan kebutuhan investasi. Rencana ini berlaku 10 (sepuluh) tahun dan dapat ditinjau ulang setiap tahunnya. Pemohon Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik yang ingin mengajukan untuk usaha distribusi, usaha penjualan, atau usaha penyediaan tenaga listrik yang terintegrasi wajib menyusun RUPTL.

Peraturan lain terkait dengan pengembangan ketenagalistrikan adalah Target Nasional untuk penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dituangkan dalam dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) yaitu sebesar 29% penurunan terhadap skenario dasar (CM1), dan 41% apabila memanfaatkan bantuan asing atau disebut juga skenario CM2.

Sektor energi mendapatkan target emisi sebesar 1.355 juta Ton CO₂ untuk skenario CM1 dan 1.271 juta Ton CO₂ untuk skenario CM2 pada tahun 2030. Dimana khusus sektor pembangkit listrik sendiri berkontribusi sebesar 40,1% pada sektor energi, sehingga target emisi pada 2030 sebesar 543,4 juta Ton CO₂ (CM1) dan 509,7 juta Ton CO₂ (CM2).

Adanya tumpang tindih peraturan dan capaian target di atas menjadi alasan diadakannya penelitian ini. Menarik untuk diketahui apakah dengan diterapkannya unsur biaya eksternalitas pembangkit pada model perencanaan sistem ketenagalistrikan dapat dihasilkan model yang optimal dalam memenuhi target-target sesuai peraturan yang ada sekaligus mempertimbangkan prinsip keekonomiannya.

2. Metode Penelitian

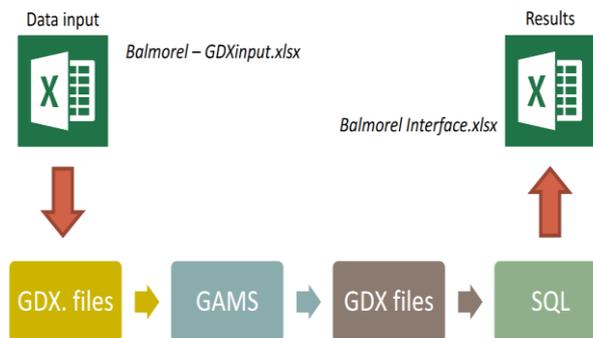
Dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan dengan Balmorel menggunakan 3 skenario, yaitu Skenario Referensi yang berisi gambaran pengembangan pembangkit sesuai target dalam RUKN dan RUPTL, Skenario RUEN berisi target bauran pembangkit mengikuti target dalam Perpres RUEN serta Skenario LeastCostExt yang menghitung solusi biaya terendah dengan mempertimbangkan unsur biaya eksternalitas di dalamnya.

2.1. Balmorel Model

Balmorel adalah model kesetimbangan parsial untuk optimasi simultan pembangkitan, transmisi dan konsumsi listrik berdasarkan asumsi persaingan sempurna pasar (*Least-cost Optimization*) [5]. Model ini mampu menghasilkan solusi optimal untuk memenuhi permintaan energi memaksimalkan biaya utilitas produsen listrik, penyimpanan, transmisi dan distribusi; dengan mempertimbangkan kendala teknis, karakteristik wilayah, potensi energi setempat dan kebijakan serta target capaian yang berlaku. Balmorel

ditulis dalam bahasa pemodelan GAMS (*General Algebraic Modelling System*) [8]. Proses input data dan penyajian hasil menggunakan tampilan *pivot table* dari *Microsoft Excel* seperti tampak pada gambar 3.

Model ini memerlukan input berupa data kebutuhan energi selama rentang masa proyeksi, data kapasitas pembangkit yang sudah dibangun dan yang sudah masuk kontrak pembangunan, karakteristik sumber energi berdasarkan jenis dan wilayah, potensi energi pada masing-masing wilayah dan kondisi serta rencana pengembangan transmisi.



Gambar 3. Alur Pemodelan

Balmorel mempunyai fleksibilitas dalam mengakomodir tantangan energi masa depan dalam hal agregasi waktu dan juga dalam ketentuan representasi teknologi dan langkah-langkah kebijakan.

Secara garis besar model akan melakukan perhitungan untuk mendapatkan *least-cost optimal capacity expansion, unit commitment* dan *economic dispatch* sebagai berikut:

$$\min Z_y = \sum_{g,t} c_{gt}^e \cdot G_{gt}^e + \sum_{g,t} c_{gt}^f \cdot F_{gt}^f + \sum_g (a \cdot c_g^e + c_g^{fix}) I_g + \sum_x a \cdot c_x^e \cdot I_x + \sum_{g,t} c_{gt}^s \cdot S_{gt} + \sum_{g,t} c_{gt}^o \cdot O_{gt}$$

Cost: el gen + Cost: fuel cons + Cost: new gen inv. + Cost: new trans inv. + Cost: unit start + Cost: unit is online

(1)

Ketersediaan beberapa sumber daya dapat dibatasi secara eksogen, jika sistem tidak memiliki atau akses terbatas ke pasar perdagangan antar wilayah. Model dasar meliputi konversi sumber daya energi menjadi listrik, penyimpanan dan transmisi dan biaya terkait dan kerugian terkait dengan distribusi energi. Sisi pasokan terdiri dari berbagai teknologi pembangkit, yang meliputi kapasitas terpasang, rencana penambahan kapasitas, serta komisioning dan dekomisioningnya dapat ditentukan secara eksogen. Investasi kapasitas baru ditentukan melalui hasil dari optimasi model untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada masing-masing tahun proyeksi. Teknologi ini telah menentukan jenis bahan bakar, efisiensi bahan bakar, investasi dan biaya operasi & pemeliharaan (O&M), rasio antara daya dan produksi panas (unit pembangkitan bersama), teknis yang diharapkan sepanjang waktu, serta karakteristik lingkungan untuk setiap teknologi; seperti emisi SO₂, NO_x atau CH₄. Teknologi EBT (misalnya, angin, tenaga surya, panas matahari, aliran sungai dan PLTA) memiliki produksi

atau profil suplai energi yang diberikan secara eksogen pada setiap segmen waktu dan geografis, dengan kemungkinan pengurangan mengacu pada potensi energi setempat.

Fungsi obyektif dalam Balmorel memaksimalkan sasaran sosial dengan kendala teknis, fisik, dan peraturan serta target kebijakan. Ini mewakili jumlah biaya sistem yang termasuk bahan bakar, transmisi, biaya O&M tetap dan variabel, pajak dan subsidi, dikurangi utilitas konsumen dimana komponen fungsi tujuan diwakili oleh nilai *Net Present Value* (NPV).

2.2. Asumsi Model

Dalam makalah ini, perhitungan dilakukan dengan mengacu pada asumsi-asumsi pemodelan meliputi data teknis pembangkit, data perkiraan kebutuhan listrik selama tahun proyeksi, harga bahan bakar dan peraturan dan target kebijakan yang berlaku dalam perencanaan sistem ketenagalistrikan. Data asumsi utama yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Asumsi dasar

Data	Sumber
Kapasitas Pembangkit Listrik	Periode 2019-2028 mengacu pada RUPTL 2019-2028 PLN
<i>Demand</i> listrik	Mengacu angka kebutuhan listrik Outlook Energi Indonesia 2019, Kementerian ESDM
<i>Full Load Hour</i> (FLH)	<ul style="list-style-type: none"> Pembangkit Fosil : 8.760 jam EBT : tergantung potensi di setiap wilayah sesuai PP 22 Tahun 2017 tentang RUEN
Umur pembangkit listrik	Mengacu pada dokumen The Indonesian technology catalogue 2017, DEN
Target Kebijakan	<ul style="list-style-type: none"> Skenario Referensi: mengacu pada target pembangunan pembangkit dalam RUPTL Skenario RUEN: mengacu target bauran pembangkit guna mencapai Total bauran energi EBT sebesar 23 % Tahun 2025 (34% EBT pada sektor ketenagalistrikan) Skenario Least-costExt: Target pengembangan pembangkit didasarkan pada kriteria biaya terendah dengan memasukkan unsur biaya eksternalitas berdasar kandungan SO₂ dan NO_x
Harga bahan bakar	<ul style="list-style-type: none"> Periode 2019-2028 mengacu pada RUPTL 2019-2028 PLN 2028-2040 World Energy Outlook 2017, IEA

Selain asumsi dasar tersebut, dalam perhitungan model juga diperlukan asumsi-asumsi lainnya diantaranya harga biaya eksternalitas pembangkit berdasarkan Provinsi, dalam hal ini mengacu pada data dalam

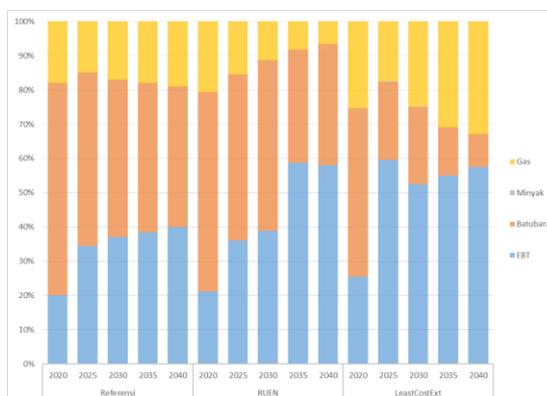
dokumen *Technology Data for the Indonesian Power Sector: Catalogue for Generation and Storage of Electricity* sebagai acuan data sistem pembangkit dan perkembangan teknologi di Indonesia.

Tabel 2. Asumsi Biaya Eksternalitas Pembangkit per Provinsi

Province	SO ₂ cost USD/kg	NO _x cost USD/kg
Aceh	5.3	4.4
Bali	6.6	5.8
Bangka-Belitung	7.0	6.3
Banten	8.4	8.0
Bengkulu	5.4	4.5
Central Java	9.8	9.6
Central Kalimantan	4.8	3.8
Central Sulawesi	5.0	4.0
East Java	8.0	7.5
East Kalimantan	4.7	3.7
East Nusa Tenggara	5.2	4.3
Gorontalo	4.5	3.5
Jakarta	8.9	8.5
Jambi	5.9	5.1
Lampung	7.5	6.9
Maluku	4.3	3.2
North Kalimantan	4.6	3.5
North Maluku	4.4	3.3
North Sulawesi	4.5	3.4
North Sumatra	6.0	5.2
Papua	4.4	3.3
Riau	6.3	5.5
Riau Islands	5.4	4.5
South East Sulawesi	4.8	3.8
South Kalimantan	4.7	3.7
South Sulawesi	4.9	3.9
South Sumatra	6.8	6.2
West Java	8.9	8.6
West Kalimantan	4.6	3.5
West Nusa Tenggara	4.8	3.8
West Papua	4.3	3.2
West Sulawesi	5.0	4.0
West Sumatra	6.1	5.3
Yogyakarta	9.7	9.5

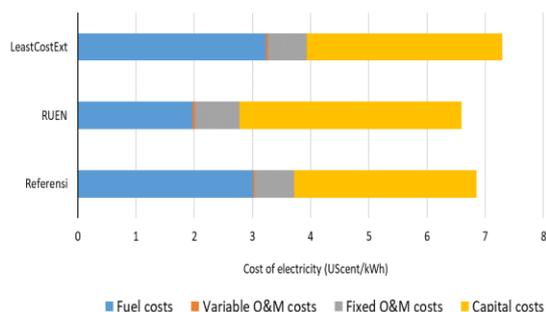
3. Hasil dan Pembahasan

Dari perhitungan model didapatkan hasil proyeksi untuk masing-masing skenario sebagai berikut:



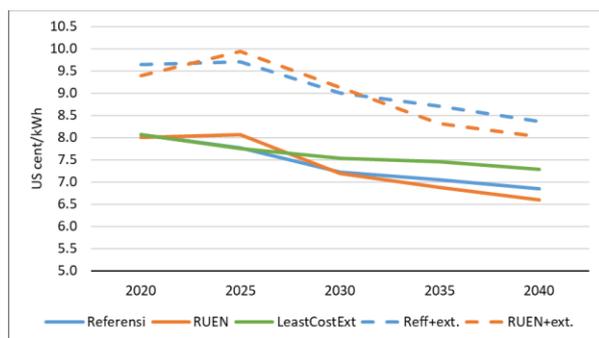
Gambar 4. Bauran Energi Primer Pembangkit berdasar Jenis dan Skenario

Peningkatan pangsa EBT dalam bauran energi primer pembangkit pada skenario LeastCostExt tampak lebih agresif sedari awal tahun 2025 mencapai 60% dari bauran energi primer pembangkit (2x lipat dari target bauran dalam RUEN). Selain itu tampak bahwa seiring diterapkannya komponen biaya eksternalitas maka penggunaan pembangkit berbasis batubara menjadi yang paling terdampak ditandai dengan nilai yang semakin mengecil pada skenario LeastCostExt hingga hanya sebesar 10% pada tahun 2040, digantikan oleh EBT dan gas yang perlahan meningkat hingga 33% pada tahun 2040.



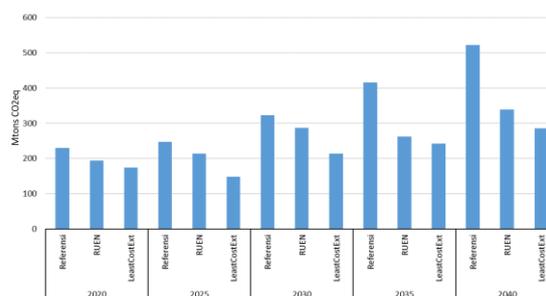
Gambar 5. Perbandingan Harga Listrik per Komponen Biaya

Perbandingan harga listrik pada ketiga skenario pada tahun 2040 menunjukkan bahwa opsi LeastCostExt menjadi opsi yang paling mahal sekitar 7,3 US sen per kWh. Meningkatnya pangsa gas menggantikan peran batubara dalam rangka meminimalkan eksternalitas pada skenario ini mengakibatkan harga listrik cenderung di atas kedua skenario lainnya menyebabkan komponen variabel fuel cost menjadi tinggi, sehingga berdampak pada biaya pembangkitan secara total.



Gambar 6. Biaya Pembangkitan dengan Eksternalitas

Hal yang menarik dalam hasil perhitungan ini adalah bahwa apabila biaya eksternalitas dibebankan secara konsisten pada 2 skenario lainnya, maka didapatkan harga listrik untuk skenario LeastCostExt adalah yang paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa skenario pembebanan biaya eksternalitas adalah solusi yang cukup kompetitif secara keekonomian apabila dijalankan secara konsisten. (Lihat Gambar 6).



Gambar 7. Perbandingan Besaran Emisi CO2

Target Nasional untuk penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dituangkan dalam dokumen Nationally Determined Contribution (NDC) sebesar 29% CM1, dan 41% skenario CM2.

Sektor energi mendapatkan target emisi sebesar 1.355 juta Ton CO₂ (CM1) dan 1.271 juta Ton CO₂ (CM2) pada tahun 2030. Sektor pembangkit listrik sendiri berkontribusi sebesar 40,1% pada sektor energi, sehingga target emisi pada 2030 sebesar 543,4 juta Ton CO₂ (CM1) dan 509,7 juta Ton CO₂ (CM2)

Skenario LeastCostExt pada tahun 2030 menghasilkan perhitungan emisi sebesar 214 juta Ton CO₂ (60,1% lebih rendah dari target NDC CM1 dan 58% lebih rendah dari CM2)

4. Kesimpulan

Dengan didapatkannya hasil perhitungan pada skenario LeastcostExt mempunyai pangsa bauran EBT yang melampaui target dalam dokumen-dokumen perencanaan ketenagalistrikan nasional, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan biaya eksternalitas sebagai dampak penggunaan pembangkit berbahan bakar fosil dapat menjadi solusi efektif dalam menciptakan iklim investasi yang kompetitif secara ekonomi untuk pembangkit berbasis EBT guna mendorong tercapainya target peningkatan EBT dalam bauran energi nasional.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang setinggi-tingginya kepada Program Studi Manajemen Energi dan Ketenagalistrikan Universitas Indonesia, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional serta Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral sebagai instansi tempat penulis bekerja yang telah memberikan bantuan baik moril maupun finansial hingga selesainya makalah ini.

Daftar Rujukan

- [1] Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014. *Kebijakan Energi Nasional*. 17 Oktober 2014. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 300. Jakarta.
- [2] Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2017. *Rencana Umum Energi Nasional*. 13 Maret 2017. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 43. Jakarta.

- [3] Keputusan Menteri ESDM Nomor 143 K/20/MEM/2019. *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038*. Kementerian ESDM, Jakarta.
- [4] Kementerian ESDM, 2020. *Outlook Energi Indonesia 2019*. Jakarta
- [5] Frauke, W., Bramstoft, R., et al., 2018. Balmorel open source energy system model. *Energy Strategy Review*. Vol. 20 (26-34).
- [6] Secretary General of the National Energy Council, Ea Energy Analyses and BPPT Engineering, 2017. *Technology Data for the Indonesian Power Sector: Catalogue for Generation and Storage of Electricity*, Jakarta.
- [7] Grita A, Margareta Q, 2018. *Mengenal Kebijakan Perencanaan Ketenagalistrikan di Indonesia*, Seri Lembar Informasi ICEL, Jakarta.
- [8] Ea Energy Analyses, 2017. *Consequence of alternative power plant developments - Power sector scenario study in Indonesia*, Ea Energy Analyses, Copenhagen.
- [9] IESR, 2019. *Indonesia Clean Energy Outlook: Tracking Progress and Review of Clean Energy Development in Indonesia*. Jakarta: Institute for Essential Services Reform (IESR).
- [10] Wijaya, M.E., Limmeechokchai, B., 2010. *The Hidden Cost of Fossil Power Generation in Indonesia: A Reduction Approach through Low Carbon Society*. Songklanakarin J.Sci.Technol. 32(1), 81-89, Jan-Feb 2010.