



PERBANDINGAN BIAYA SOSIAL DARI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI FOSIL DAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI BARU TERBARUKAN

Agus Sugiyono

Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Klaster Energi, Puspiptek, Tangerang Selatan
Telp/Fax: 021-316-8200/01-390-4537
Email: agussugiyono@yahoo.com

ABSTRAK

PERBANDINGAN BIAYA SOSIAL DARI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI FOSIL DAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI BARU TERBARUKAN. Berbagai studi menunjukkan bahwa untuk jangka panjang lama pembangkit listrik dari energi fosil (batubara dan gas) akan mendominasi pasokan listrik di Indonesia. Hal ini karena pertimbangan utama dalam pemilihan pembangkit adalah berdasarkan biaya pembangkitan yang murah. Saat ini pembangkit listrik dari energi batubara dan gas mempunyai biaya pembangkitan yang lebih rendah dari pembangkitan listrik dari energi baru terbarukan (EBT). Dengan membandingkan biaya pembangkitan maka akan selalu terlihat bahwa pembangkit listrik energi batubara dan gas lebih kompetitif dari pada pembangkit listrik EBT. Di negara-negara maju yang sudah menerapkan kriteria pembangunan yang berkelanjutan, pertimbangan pemilihan pembangkit lebih ditingkatkan menjadi biaya sosial yang meliputi explicit cost (biaya pembangkitan) dan external cost (biaya lingkungan). Berdasarkan studi literatur dievaluasi biaya sosial pembangkit listrik baik yang menggunakan energi fosil maupun EBT. Hasil perbandingan biaya sosial ini menunjukkan bahwa pembangkit EBT bisa lebih kompetitif dari pada pembangkit fosil. Pemilihan pembangkit yang berdasarkan kriteria pembangunan yang berkelanjutan dapat mengubah dominasi penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik, sehingga penggunaan EBT dapat ditingkatkan.

Kata kunci: pembangkit listrik, biaya sosial

ABSTRACT

SOCIAL COST COMPARISON OF FOSSIL ENERGY BASED POWER PLANT AND NEW RENEWABLE ENERGY BASED POWER PLANT. Various studies show that long-term power generation from fossil fuels (coal and gas) will dominate the electricity supply in Indonesia. This is because the primary consideration in the selection of plants is based on the least generation cost. Currently electricity generation from coal and gas has a lower cost than electricity generation from new and renewable energy (NRE). By comparing the generating cost it will always be seen that the power plant from coal and gas more competitive than the power plants from NRE. Developed countries that are already implementing sustainable development criteria, the selection of power plants is further enhanced with consider the social costs include explicit costs cost (generating cost) and external costs (environmental cost). Based on the literature study evaluated the social cost of both power plants that use fossil energy and NRE. Result from comparison of the social costs shown the power plant using NRE could be more competitive than using fossil energy. The selection of plants based on the sustainable development criteria can alter the dominance of fossil energy use for electricity generation, so the use of NRE may be improved.

Keywords: power plant, social cost



1. PENDAHULUAN

Pengembangan energi baru terbarukan (EBT) saat ini mendapat perhatian yang serius di beberapa negara, termasuk Indonesia. Energi baru terbarukan mempunyai kelebihan terutama dari sudut pandang pembangunan berkelanjutan. Pemanfaatan baru energi terbarukan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan menggunakan energi fosil. Namun demikian pemanfaatan energi baru terbarukan masih mendapat kendala karena relatif lebih mahal harganya dibandingkan dengan pemanfaatan energi konvensional yang berbasis energi fosil.

Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan pemanfaatan baru energi terbarukan baik melalui riset dan pengembangan teknologi pemanfaatan maupun melalui kebijakan. Visi 25/25 dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi merupakan salah satu wacana yang optimis untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan. Dalam visi ini pasokan energi baru terbarukan ditargetkan dapat mencapai 25% dari total energi primer pada tahun 2025. Disamping itu pemerintah juga sudah mengeluarkan beberapa kebijakan untuk meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan seperti Permen ESDM No. 32 tahun 2008 tentang mandatori bahan bakar nabati (BBN), Perpres No. 45 tahun 2009 tentang subsidi BBN, Permen ESDM No. 04 tahun 2012 tentang harga pembelian tenaga listrik untuk pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik, dan Permen ESDM No. 22 tahun 2012 tentang *feed in tariff* untuk PLTP. Meskipun demikian masih banyak kendala dalam pelaksanaan kebijakan tersebut sehingga perlu dilakukan beberapa perbaikan.

Berdasarkan PLN (2012)^[1] diperkirakan pada tahun 2021 pembangkit listrik akan didominasi oleh penggunaan batubara. Pangsa produksi listrik di Indonesia per jenis energi primer diproyeksikan pada tahun 2021 akan menjadi 62,7% untuk batubara, 18,8% gas alam (termasuk LNG), 11,0% panas bumi, 6,5% tenaga air, 1% minyak dan bahan bakar lainnya. Hal ini sejalan dengan hasil studi Permana dkk (2012)^[2] yang memperkirakan penggunaan batubara untuk pembangkit. Pada tahun 2030 produksi listrik dari pembangkit berbahan bakar batubara untuk skenario dasar diprakirakan mempunyai pangsa sebesar 67,8%. Sisanya diisi oleh pembangkit berbahan bakar fosil yaitu gas (8,4%) dan minyak (0,3%) serta berbasis EBT (23,5%). Produksi listrik dari pembangkit berbasis EBT ini terdiri atas panas bumi (10,2%), hidro (8,5%), nuklir (2,9%), biomasa (1,3%), dan EBT lainnya (0,6%) dengan EBT lainnya ini terdiri atas matahari, angin, gasifikasi batubara serta sampah.

Pemilihan pembangkit berdasarkan pertimbangan biaya pembangkitan yang murah akan menghasilkan perencanaan yang mengutamakan pengembangan pembangkit listrik berbasis batubara dan gas untuk jangka panjang. Pemilihan pembangkit listrik dari batubara dan gas yang pangsaannya semakin dominan ini karena sampai saat ini mempunyai biaya pembangkitan yang lebih rendah dari pada pembangkitan listrik dari EBT. Namun dengan paradigma baru yang mempertimbangkan pembangunan berkelanjutan maka pertimbangan biaya pembangkitan selanjutnya perlu diperluas menjadi biaya sosial.

2. METODOLOGI

Di negara-negara maju yang sudah menerapkan kriteria pembangunan yang berkelanjutan, pertimbangan pemilihan pembangkit lebih ditingkatkan menjadi biaya sosial yang meliputi *explicit cost* (biaya eksplisit atau biaya pembangkitan) dan *external cost* (biaya eksternal atau biaya lingkungan). Perhitungan biaya eksternal untuk pembangkit di Indonesia masih belum banyak dilakukan. Di negara-negara maju terutama di Eropa, persoalan biaya eksternal sudah banyak dikaji sejak tahun 1995. Salah satu hasil studi yang banyak menjadi referensi adalah proyek ExternE yang didanai oleh *European Commission*^[3].



Proyek ini melakukan penelitian tentang biaya eksternal dari pembangkit listrik di 12 negara anggota Uni Eropa selama lebih dari 10 tahun.



Gambar 1. Definisi Biaya.

Dalam makalah ini analisis biaya sosial dari pembangkit listrik dilakukan berdasarkan studi literatur dan data sekunder dari berbagai studi yang pernah dilakukan di beberapa negara maju. Biaya sosial merupakan penjumlahan dari biaya eksplisit dan biaya eksternal. Biaya eksplisit merupakan biaya pembangkitan yang semata-mata didasarkan pada pertimbangan keekonomian. Untuk membandingkan keekonomian beberapa jenis pembangkit biasanya dilakukan berdasarkan biaya teraras (*levelized cost*) yang merupakan semua biaya yang berhubungan dengan pengoperasian pembangkit selama umur ekonomisnya. Biaya yang diperhitungkan meliputi biaya investasi, biaya operasi dan perawatan (O&M), dan biaya bahan bakar. Dengan menggunakan tingkat bunga tertentu, semua biaya tersebut termasuk bunga pinjaman selama pembangunan pembangkit didiskonto ke tahun dasar dan menjadi total biaya pembangkitan. Metode perbandingan biaya teraras ini memungkinkan untuk membuat perbandingan berbagai jenis pembangkit secara lebih obyektif.

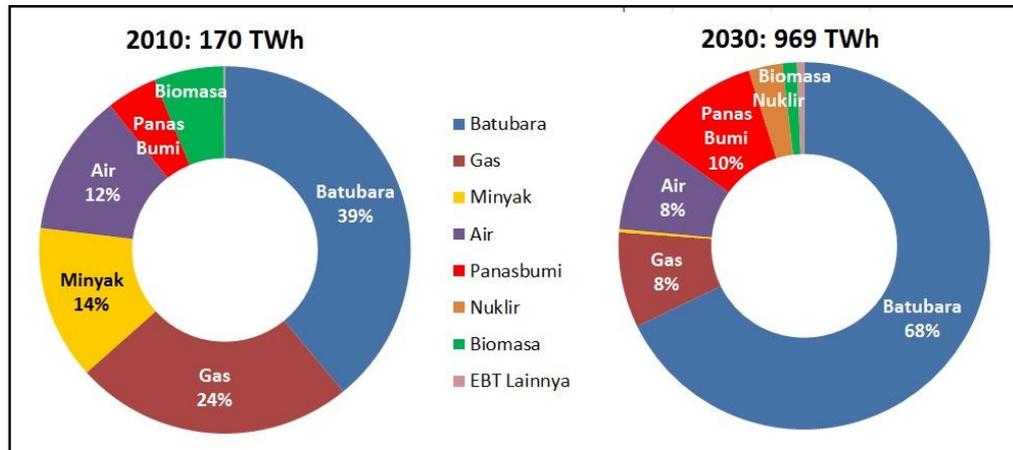
Pengambilan keputusan dalam pengembangan pembangkit saat ini tidak semata-mata didasarkan pada pertimbangan keekonomian, namun juga perlu pertimbangan lain seperti perlindungan lingkungan dan perubahan iklim. Untuk memperhitungkan faktor ini maka perhitungan ditambahkan biaya eksternal atau sering disebut biaya lingkungan. Biaya eksternal merupakan biaya kerusakan (*damage cost*) lingkungan dan biaya penghindaran (*avoidance cost*) kerusakan lingkungan. Biaya kerusakan lingkungan ini berhubungan dengan polusi udara (NO_x, SO₂, NMVOC, PM₁₀, dan NH₃), polusi air dan polusi tanah yang dapat berdampak terhadap kesehatan dan lingkungan publik (binatang, tumbuhan, tanah, bangunan atau benda yang bernilai budaya). Biaya penghindaran kerusakan lingkungan ini terkait dengan perubahan iklim karena emisi CO₂. Dalam perhitungan biaya eksternal ini dipertimbangkan melalui dispersi geografis, fungsi *dose-response* dan mempertimbangkan nilai uang serta faktor diskonto.

3. PEMBAHASAN

Berbagai studi menunjukkan bahwa untuk jangka panjang pembangkit listrik dari energi fosil (batubara dan gas) akan mendominasi pasokan listrik di Indonesia. Pada Gambar 2 ditunjukkan pangsa produksi listrik per jenis energi untuk tahun 2010 dan proyeksinya tahun 2030 berdasarkan studi Permana dkk (2012)^[2] untuk skenario dasar. Produksi listrik meningkat dari 169,8 TWh pada tahun 2010 menjadi 968,8 TWh pada tahun 2030 atau meningkat sebesar 9,1% per tahun. Penggunaan EBT lainnya pertumbuhannya paling pesat yaitu sebesar 19,6% per tahun, diikuti panas bumi 13,8% per tahun, batubara 12,2% per tahun, tenaga air 7,0% per tahun, gas 3,5% per tahun, dan biomasa 0,9% per tahun. Sedangkan penggunaan minyak menurun sebesar 10,1% per tahun karena adanya kebijakan untuk mengurangi penggunaannya untuk pembangkit. Tenaga nuklir mulai dipertimbangkan penggunaannya pada tahun 2030. Meskipun pertumbuhan penggunaan



EBT lainnya dan panas bumi cukup pesat, namun karena kapasitas terpasang saat ini masih sangat kecil sehingga pangsaanya pada tahun 2030 masih kurang dari 25%.



Gambar 2. Produksi Listrik Indonesia Saat Ini dan Proyeksi Tahun 2030^[2].

Kecenderungan penggunaan bahan bakar fosil terutama batubara dan gas untuk pembangkit listrik di masa mendatang perlu mendapat perhatian yang serius. Penggunaan bahan bakar fosil akan meningkatkan emisi polutan yang meningkatkan biaya kerusakan lingkungan dan emisi CO₂ yang menjadi ancaman terjadinya perubahan iklim global. Oleh karena itu faktor kerusakan lingkungan tersebut harus dipertimbangkan dalam pemilihan pembangkit di masa depan. Salah satu cara untuk memasukkan faktor tersebut adalah melalui paradigma pembangunan berkelanjutan dengan menambahkan biaya eksternal ke dalam total biaya pembangkitan. Seperti telah disebutkan sebelumnya total biaya pembangkitan yang dipertimbangkan dalam pemilihan pembangkit menjadi biaya sosial yang terdiri atas biaya eksplisit dan biaya eksternal.

3.1. Biaya Eksplisit

Biaya eksplisit merupakan penjumlahan biaya investasi, biaya operasi dan perawatan (O&M), dan biaya bahan bakar setelah didiskonto pada tahun dasar. Secara rinci metode perhitungan biaya eksplisit ditunjukkan pada Rumus 1 sampai dengan Rumus 9 di bawah ini.

$$\text{Biaya Eksplisit} (\$/\text{MWh}) = \frac{FPM \times \text{Cost}}{\text{Avail} \times 8.760} + \frac{OM}{\text{Avail} \times 8.760} + \frac{0,860 \times BBB}{Eff} \quad (1)$$

dengan:

$$FPM = \frac{d \times (1+d)^{T_{\text{ekonom}}}}{(1+d)^{T_{\text{ekonom}}} - 1} \quad (2)$$

$$\text{Cost} = (FdFC \times FC) + (FdLC \times LC) \quad (3)$$

$$FdFC = \sum_{i=1}^{T_{\text{konstr}}} (DisFC_i \times (1+d)^{T_{\text{konstr}}-i+0,5}) \quad (4)$$

$$FdLC = \sum_{i=1}^{T_{\text{konstr}}} (DisLC_i \times (1+d)^{T_{\text{konstr}}-i+0,5}) \quad (5)$$

$$DisFC_i = \frac{DFc_i}{100} \quad (6)$$

$$DisLC_i = \frac{DLc_i}{100} \quad (7)$$

$$Eff = \frac{EffTh}{100} \quad (8)$$



$$Avail = \frac{Av}{100} \quad (9)$$

Bila data faktor ketersediaan tidak tersedia maka dapat dihitung dengan mempertimbangkan *Force Outage* (FO) dan *Schedule Outage* (SO) seperti dalam Rumus 10.

$$Avail = 1 - \frac{FO}{100} - \frac{SO}{52} \quad (10)$$

Keterangan untuk setiap simbol yang digunakan dalam rumus ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Simbol Parameter dan Satuan yang Digunakan

Parameter	Simbol	Satuan
Faktor Ketersediaan	Av	%
Efisiensi <i>Thermal</i>	EffTh	%
<i>Forced Outage</i>	FO	%
<i>Schedule Outage</i>	SO	Minggu/tahun
Umur Ekonomis	Tekonom	Tahun
Lama Pembangunan	Tkonst	Tahun
Investasi Asing	FC	US \$/kW
Investasi Domestik	LC	US \$/kW
Biaya O&M	OM	US \$/kW _y
Biaya Bahan Bakar	BBB	US \$/10 ⁶ kcal
<i>Discount Rate</i>	d	%
<i>Disbursement</i> Asing	DF_c	%
<i>Disbursement</i> Domestik	DF_d	%

Berdasarkan studi dapat dirangkum biaya eksplisit dari pembangkit listrik, baik yang menggunakan energi fosil maupun energi baru terbarukan^[3,4,5,6], seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Biaya ini sangat tergantung dari biaya bahan bakar maupun lokasi pembangkit. Oleh karena itu untuk mempertimbangkan faktor tersebut pada biaya eksplisit dicantumkan nilai bawah (*min*) dan nilai atas (*max*). Dari tabel terlihat bahwa pembangkit listrik dengan menggunakan energi fosil relatif lebih murah dari pada menggunakan energi baru terbarukan, kecuali untuk PLTA. PLTA meskipun murah tetapi tidak semua lokasi mempunyai potensi untuk bisa dikembangkan.

Tabel 2. Biaya Eksplisit Pembangkit Listrik (sen \$₂₀₁₀/kWh)

Keterangan	<i>Min</i>	<i>Max</i>
PLTU Batubara	4,1	8,1
PLTG	5,3	8,9
PLTN	4,1	5,7
Biomasa	5,4	11,4
PLTA	4,0	5,5
PLTS	15,4	21,1
PLTB	7,0	10,8
PLTP	5,8	17,0

Keterangan:

- Dirangkum dari [3], [4], [5] dan [6]
- PLTU = Pembangkit Listrik Tenaga Uap, PLTG = Pembangkit Listrik Tenaga Gas, PLTN = Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir, PLTA = Pembangkit Listrik Tenaga Air, PLTS = Pembangkit Listrik Tenaga Surya,



PLTB = Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, PLTP = Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

3.2. Biaya Eksternal

Biaya eksternal dirangkum dari studi^[3,4,5], dan seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Pada tabel terlihat bahwa pembangkit listrik dengan bahan bakar batubara mempunyai biaya eksternal terbesar diikuti oleh pembangkit dengan bahan bakar gas, surya, biomasa, nuklir, bayu, air dan panas bumi.

Tabel 3. Biaya Eksternal Pembangkit Listrik (sen \$₂₀₁₀/kWh)

Keterangan	PLTU Batubara	PLTG	PLTN	Biomasa	PLTA	PLTS	PLTB	PLTP
<i>Biaya Kerusakan</i>	0,9876	0,4600	0,2291	0,4684	0,0692	0,6125	0,1057	0,0054
Suara	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0066	
Kesehatan	0,9678	0,4507	0,2254		0,0676	0,5966	0,0955	
Material	0,0199	0,0093	0,0027		0,0013	0,0159	0,0027	
Tumbuhan	0,0000	0,0000	0,0011		0,0003	0,0000	0,0009	
<i>Biaya Penghindaran</i>	1,8954	0,8108	0,0842	<i>n.a.</i>	0,0632	0,3896	0,0842	<i>n.a.</i>
Ekosistem	0,2106	0,0421	0,0527		0,0316	0,0421	0,0421	
Pemanasan Global	1,6848	0,7687	0,0316		0,0316	0,3475	0,0421	
Total Biaya Eksternalitas	2,8830	1,2708	0,3133	0,4684	0,1324	1,0021	0,1899	0,0054

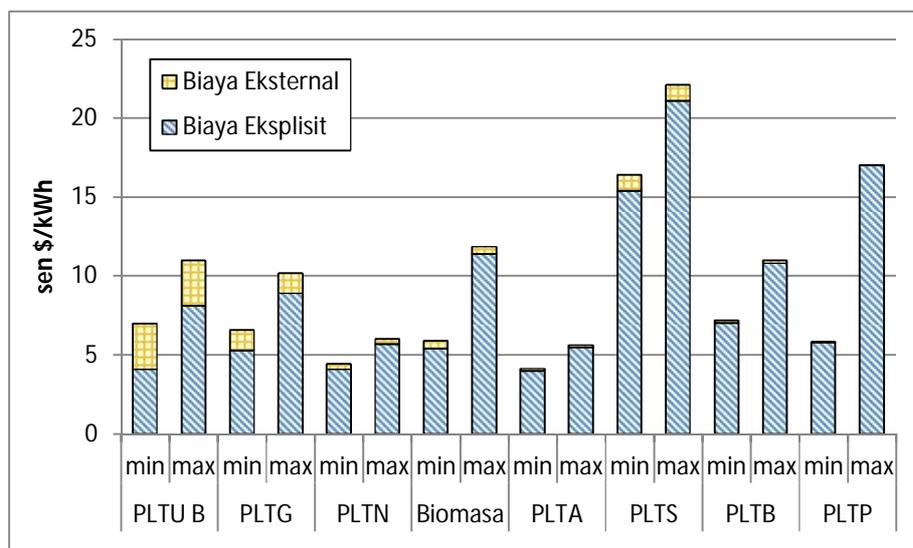
Keterangan:

- Dirangkum dari [3], [4], dan [5]

- Biaya penghindaran diasumsikan sebesar 20 \$/ton CO₂ dan nilai tukar 1 Euro = 1,3257 US \$ (2010)

3.3. Biaya Sosial

Berdasarkan rincian biaya eksplisit dan biaya eksternal yang sudah dibahas sebelumnya maka dapat dihitung biaya sosial untuk setiap jenis pembangkit listrik. Pada Gambar 3 ditunjukkan perbandingan biaya sosial untuk setiap jenis pembangkit listrik. Dengan membandingkan biaya sosial maka terlihat bahwa pembangkit listrik dengan energi baru terbarukan seperti pembangkit biomasa, PLTB dan PLTP masih kompetitif terhadap pembangkit dari energi fosil. Biaya sosial pembangkit listrik berbasis fosil akan meningkat sekitar 12% - 41% dari biaya eksplisit, sedangkan untuk pembangkit listrik berbasis EBT hanya meningkat maksimum 8% dari biaya eksplisit.



Gambar 3. Biaya Sosial Pembangkit Listrik^[3,4,5,6].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur sudah dievaluasi biaya sosial pembangkit listrik baik yang menggunakan energi fosil maupun energi baru terbarukan. Hasil perbandingan biaya



sosial ini menunjukkan bahwa pembangkit EBT bisa lebih kompetitif dari pada pembangkit fosil terutama untuk pembangkit biomasa, PLTB dan PLTP. Perencanaan pengembangan pembangkit yang hanya berbasis keekonomian dapat diperkirakan akan menghasilkan perencanaan yang lebih mengutamakan penggunaan energi fosil seperti batubara dan gas untuk pembangkit listrik di masa depan. Dengan memasukkan faktor eksternalitas yang mempertimbangkan dampak lingkungan maka paradigma perencanaan sudah mengadopsi kriteria pembangunan berkelanjutan. Pemilihan pembangkit berdasarkan kriteria pembangunan yang berkelanjutan diharapkan dapat mengubah dominasi penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik jangka panjang, sehingga penggunaan EBT dapat ditingkatkan.

Dalam makalah ini biaya-biaya yang dihitung sebagian besar berdasarkan data untuk negara-negara maju. Untuk penelitian di masa mendatang perlu diperhitungkan biaya-biaya pembangkit yang spesifik untuk Indonesia di berbagai wilayah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. PLN. "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2012-2021", PT PLN (Persero), Jakarta, 2011.
- [2]. PERMANA, A.D., SUGIYONO, A., BOEDOYO, OKTAUFIK. "Outlook Energi Indonesia 2012", Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, 2012.
- [3]. FRIEDRICH, R. P. BICKEL. "Estimation Of External Costs Using The Impact-Pathway-Approach: Results From The Externe Project Series", TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 3/10. Jahrgang., September 2001.
- [4]. EUSUSTEL, "Determination of Total Social Cost of Electricity Generation", European Sustainable Electricity, Final Report for WP 5-1, 2007.
- [5]. S. GRAUSZ. "The Social Cost of Coal: Implications for the World Bank", Climate Adviser, 2011.
- [6]. ISKAN, D., "Pengembangan Panas Bumi dalam Program Peningkatan Elektrifikasi Nasional", Dipresentasikan pada Musyawarah Nasional Asosiasi Panas Bumi Indonesia, 2011.

DISKUSI

1. Pertanyaan Sdr. Suryo Busono (BPPT)

Apakah biaya untuk CSR (*Corporate Social Responsibility*) termasuk yang diperhitungkan dalam biaya sosial pembangkit listrik?

Jawaban:

CSR tidak masuk dalam perhitungan biaya sosial. CSR lebih terkait dengan pengelolaan perusahaan dan penyisihan keuntungan perusahaan untuk memberdayakan masyarakat disekitarnya. Sedangkan biaya sosial adalah biaya pembangkitan ditambah dengan biaya lingkungan.