

Biaya Eksternal dari Pembangkit Listrik Batubara

Agus Sugiyono

Peneliti BPPT

Abstrak

Dalam ilmu ekonomi lingkungan, dampak lingkungan merupakan salah satu bentuk dari eksternalitas yang merugikan. Secara umum eksternalitas merupakan suatu efek samping dari aktivitas pihak tertentu terhadap pihak lain yang dapat menguntungkan maupun merugikan. Dampak yang menguntungkan misalnya pembuatan lokasi wisata yang memberikan pemandangan yang indah bagi orang sekitarnya. Sedangkan dampak negatif misalnya polusi udara, air dan suara. Eksternalitas mengakibatkan alokasi sumber daya tidak efisien sehingga perlu campur tangan pemerintah untuk mengambil kebijakan.

Biaya eksternal pembangkit listrik menyatakan nilai moneter dari kerusakan lingkungan yang diakibatkan dari pembangkit listrik. Biaya eksternal pembangkit listrik ini merupakan biaya yang ditanggung masyarakat dan lingkungan yang tidak masuk dalam perhitungan baik produsen maupun konsumen tenaga listrik. Kontribusi terbesar dari biaya eksternal pembangkit listrik adalah pada saat pembangkitan yang berupa dampak polusi udara terhadap kesehatan.

Dalam makalah ini akan dibahas dasar teori dan perhitungan biaya eksternal dari pembangkit listrik batubara. Biaya eksternal dihitung menggunakan analisis penyebaran dampak dari emisi (*impact pathway analysis*) dengan menggunakan perangkat lunak SimPacts. Biaya eksternal pembangkit listrik Suralaya diperkirakan rata-rata sebesar 0,65 cents\$/kWh. Dengan adanya biaya eksternal maka biaya pembangkitan akan meningkat sekitar 15%.

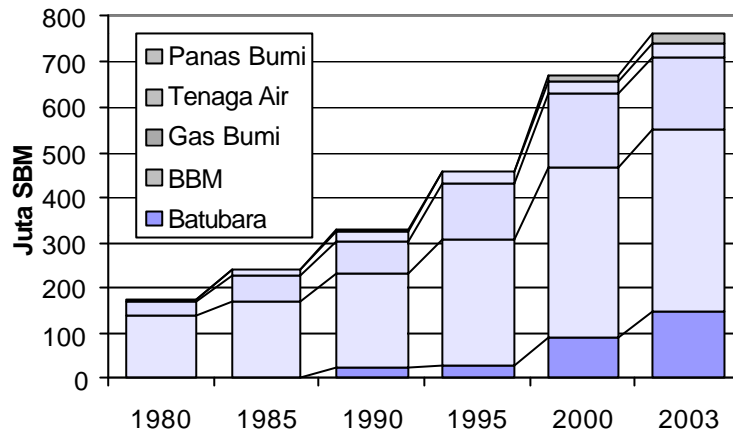
Kata kunci: eksternalitas, biaya eksternal, pembangkit listrik, emisi

1. Pendahuluan

Tenaga listrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menunjang pembangunan nasional. Penggunaan tenaga listrik di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi. PLN merupakan perusahaan yang memasok sebagian besar dari kebutuhan tenaga listrik, disamping perusahaan listrik swasta (*Independent Power Producer*, IPP). Kapasitas terpasang pembangkit listrik PLN sampai dengan tahun 2003 sebesar 21,2 GW, sedangkan kapasitas pembangkit listrik IPP mencapai 3,2 GW. Disamping itu, ada perusahaan yang membangkitkan listrik untuk kepentingan sendiri yang disebut *captive power*. Kapasitas *captive power* diperkirakan mencapai 16,8 GW.

Pembangkit listrik PLN yang terbanyak menggunakan BBM (36%) dan diikuti pembangkit yang menggunakan gas (25%), batubara (23%), tenaga air (15%) dan panas bumi (2%). Sesuai dengan kebijakan diversifikasi energi, penggunaan BBM untuk pembangkit listrik berangsur-angsur diusahakan untuk digantikan dengan penggunaan energi lain seperti: gas bumi, batubara dan energi terbarukan. Pemakaian energi primer

untuk pembangkit listrik PLN ditunjukkan pada Gambar 1. Penggunaan batubara untuk pembangkit listrik dalam dua puluh tahun terakhir ini meningkat sangat pesat sebesar 27% per tahun.



Gambar 1. Penggunaan Bahan Bakar Untuk Pembangkit Listrik PLN

Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2005-2015 menyebutkan bahwa pertumbuhan kebutuhan listrik nasional mencapai rata-rata 6,6% per tahun. Pada 2015 diperkirakan kebutuhan listrik mencapai 195,8 TWh dan diperlukan kapasitas pembangkit sebesar 47,7 GW. Batubara pada tahun 2015 diperkirakan sudah menjadi bahan bakar yang paling besar pangsa dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Penggunaan batubara dalam volume besar perlu mendapat perhatian yang serius karena batubara lebih besar dampaknya terhadap lingkungan bila dibandingkan dengan penggunaan BBM dan gas bumi.

Aktivitas pembangkit listrik mulai dari pembangunan, pengangkutan bahan bakar, pembangkitan, transmisi dan distribusi, dan pembuangan limbah dapat mencemarkan lingkungan. Pemerintah telah mengeluarkan kebijakan untuk mengurangi dampak lingkungan dari pembangkit listrik. Kebijakan pemerintah tersebut tertuang dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-13/MENLH/3/1995 tentang peraturan standar emisi untuk pembangkit listrik. Peraturan ini mengatur batas maksimum dari semua emisi dan mulai tahun 2000 nilai batas maksimum yang diperbolehkan yaitu: untuk emisi partikel sebesar 150 mg/m³, emisi SO₂ sebesar 750 mg/m³, emisi NO₂ sebesar 850 mg/m³, dan tingkat opasitas sebesar 20% (Sugiyono 2000).

Dalam ilmu ekonomi lingkungan, dampak lingkungan merupakan salah satu bentuk dari eksternalitas yang merugikan. Studi tentang eksternalitas untuk negara berkembang masih jarang dilakukan. Ostro (1994) menghitung dampak polusi udara kota Jakarta dengan berdasarkan nilai keuntungan bagi kesehatan apabila konsentrasi ambien dari polutan dikurangi. Besarnya keuntungan tergantung dari level polusi udara, ekspektasi efek polutan terhadap kesehatan (*dose response*), besarnya populasi yang terkena polusi, dan nilai ekonomis dari dampak lingkungan. Wilde dkk. (2003) menghitung biaya eksternal beberapa jenis pembangkit listrik di Pulau Jawa. Di Eropa, biaya kerusakan agregat dari pembangkit listrik berkisar antara 1% sampai 2% dari total Pendapatan Nasional Bruto. Di negara berkembang, biaya eksternal bisa lebih besar karena teknologi untuk mengendalikan polusi secara praktis belum diterapkan (Spadaro 2002).

Makalah ini akan merangkum dasar teori eksternalitas dan aplikasi perhitungan biaya eksternal dari pembangkit listrik. Pembangkit listrik yang akan dibahas adalah pembangkit listrik batubara Suralaya berdasarkan studi yang dilakukan Wilde dkk. (2003). Pembahasan meliputi dasar teori, metode perhitungan, data yang diperlukan dan hasil perhitungan.

2. Dasar Teori dan Metode Perhitungan

2.1. Dasar Teori

Setiap aktivitas perekonomian mempunyai keterkaitan dengan aktivitas lainnya. Apabila semua keterkaitan antar aktivitas perekonomian dilaksanakan melalui mekanisme pasar maka tidak akan timbul permasalahan. Akan tetapi banyak pula keterkaitan antar aktivitas perekonomian yang tidak melalui mekanisme pasar sehingga dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan. Keterkaitan suatu aktivitas dengan aktivitas lain yang tidak melalui mekanisme pasar disebut dengan eksternalitas.

Eksternalitas merupakan suatu efek samping dari aktivitas pihak tertentu terhadap pihak lain yang dapat menguntungkan maupun merugikan. Dampak yang menguntungkan misalnya pembuatan lokasi wisata yang memberikan pemandangan yang indah bagi orang sekitarnya. Sedangkan dampak negatif misalnya polusi udara, air dan suara. Dalam konsep pembangunan berkelanjutan, eksternalitas timbul karena aktivitas manusia yang tidak mengikuti prinsip ekonomi yang berwawasan lingkungan. Eksternalitas akan menimbulkan alokasi sumber daya yang tidak efisien.

Biaya eksternal pembangkit listrik menyatakan nilai moneter dari kerusakan lingkungan yang diakibatkan dari pembangkit listrik. Biaya eksternal ini merupakan biaya yang ditanggung masyarakat dan lingkungan yang tidak masuk dalam perhitungan baik produsen maupun konsumen tenaga listrik. Kerusakan lingkungan dapat berupa lingkungan alam maupun lingkungan buatan, seperti: dampak polusi udara terhadap kesehatan, bangunan, tumbuhan, hutan dan pemanasan global; kecelakaan kerja dan penyakit; dan gangguan kenyamanan karena kebisingan (Kovacevic dkk. 2001).

Aktivitas dari pembangkit listrik mulai dari saat pembangunan, pengangkutan bahan bakar, pembangkitan, transmisi dan distribusi, serta pembuangan limbah merupakan sumber dari munculnya biaya eksternal. Kontribusi terbesar dari biaya eksternal adalah pada saat pembangkitan yang berupa dampak polusi udara terhadap kesehatan.

Eksternalitas dapat diatasi dengan melakukan internalisasi eksternalitas. Menurut Reksohadiprodjo dan Brodjonegoro (1997) serta Suparmoko (1997) cara menginternalisasi dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan. Pendekatan pertama adalah atas dasar mekanisme pasar dan yang kedua adalah dengan campur tangan pemerintah melalui peraturan.

- **Mekanisme Pasar**

Melalui mekanisme pasar kesepakatan untuk mengatasi persoalan eksternalitas seringkali gagal dicapai karena besarnya biaya informasi, transaksi, perundingan serta perjanjian antar pihak-pihak yang terlibat. Biaya transaksi adalah berbagai bentuk biaya yang harus dibayar ketika pihak yang berkepentingan itu tengah menjalani perundingan.

- **Campur Tangan Pemerintah**

o Pengaturan dan Pelarangan

Pengaturan dapat dilakukan dengan menetapkan baku mutu lingkungan. Secara langsung pengaturan dapat dilakukan dengan melarang aktivitas yang menghasilkan pencemaran yang melebihi baku mutu lingkungan. Secara tidak langsung pemerintah dapat meminta perusahaan membuat fasilitas pembersih limbah buangan sehingga limbah buangan tidak melampaui baku mutu lingkungan.

o Pajak dan Subsidi

Pemerintah memberikan insentif untuk penggunaan alat pengendali pencemaran atau menarik pajak bagi penggunaan peralatan yang menghasilkan pencemaran

yang besar. Tarif pajak yang optimum adalah sebesar biaya sosial marjinal. Peneanaan pajak yang optimum secara otomatis akan mencapai kesejahteraan dengan biaya yang minimal.

- o Tarif Limbah

Pemerintah memberikan tarif kepada perusahaan yang menghasilkan pencemaran sesuai dengan besarnya bahan pencemar yang dihasilkan.

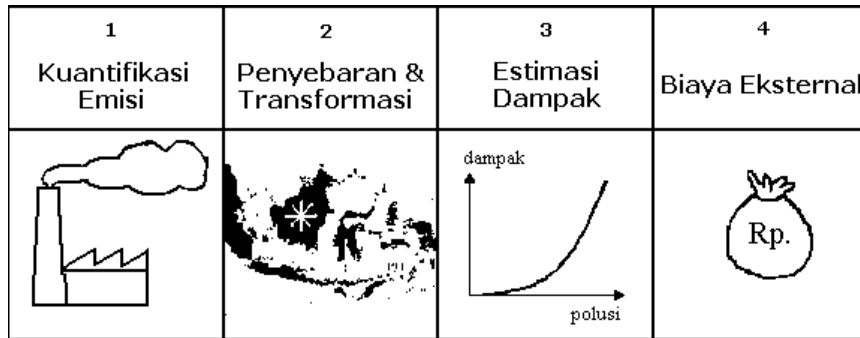
Biaya eksternal tidak dapat ditentukan secara sederhana karena biaya tersebut tidak dapat diukur secara langsung. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah berdasarkan kesediaan membayar seseorang (*willingness to pay*) untuk pengurangan pencemaran. Dapat juga berdasarkan kesediaan seseorang untuk menerima pembayaran dengan tetap menerima pencemaran (*willingness to accept*).

2.2. Metode Perhitungan

Model Simpacts merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA). Model ini untuk menganalisis dampak lingkungan termasuk didalamnya menghitung dampak fisik dan biaya kerusakan terhadap kesehatan, tanaman pertanian dan material bangunan yang diakibatkan polusi udara, polusi air permukaan dan konversi lahan. Model Simpacts terdiri atas empat modul yaitu: AirPacts, NukPacts, dan HydroPacts. Modul AirPact digunakan untuk memprakirakan dampak fisik dan biaya kerusakan terhadap kesehatan, tanaman pertanian dan material bangunan akibat emisi udara dari sumber yang tidak bergerak. Modul NukPacts digunakan untuk menganalisis dampak kontaminasi radioaktif terhadap kesehatan manusia. Modul ini disamping dapat menganalisis dampak lingkungan dari operasi normal pembangkit listrik tenaga nuklir juga dapat memprakirakan nilai ekspektasi kerusakan lingkungan bila terjadi kecelakaan pengoperasian pembangkit tersebut. Modul HydroPact digunakan untuk memprakirakan kerugian dari penggunaan lahan dan pemindahan penduduk karena adanya pembangunan pembangkit listrik tenaga air. Masing-masing modul dalam model SimPacts dapat dijalankan secara terpisah.

Modul AirPacts memprakirakan biaya eksternal karena gangguan kesehatan yang dihitung menggunakan metode penyebaran dampak dari emisi atau sering disebut *impact pathway analysis* (IPA). Metode ini terdiri atas empat tahapan yaitu: menentukan besarnya emisi, menentukan konsentrasi ambien dengan menggunakan metode dispersi, mengestimasi dampak fisik dengan menggunakan fungsi *dose respons*,

dan menentukan nilai moneter dari kerusakan (Kovacevic dkk. 2001 dan Wilde dkk. 20003). Secara ringkas metode IPA ditunjukkan pada Gambar 1. Setiap tahapan perhitungan mempunyai ketidakpastian karena keterbatasan data yang tersedia maupun keterbatasan metodologi dari model yang digunakan.



Diadaptasi dari Kovacevic dkk. (2001)

Gambar 2. Perhitungan Biaya Eksternal dengan *Impact Pathway Analysis*

- Kuantifikasi Emisi

Penerapan IPA dimulai dari identifikasi lokasi pembangkit, menentukan karakteristik pembangkit, serta menentukan emisi yang akan dianalisis. Setiap pembangkit tenaga listrik mempunyai koefisien emisi tertentu tergantung dari teknologi dan jenis bahan bakar yang digunakan.

- Penyebaran dan Transformasi

Emisi yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik akan terdispersi dan mengalami transformasi secara kimiawi. Parameter yang penting untuk dipertimbangkan adalah tinggi cerobong tempat gas buang dikeluarkan ke udara, temperatur, kecepatan dan masa aliran gas buang. Parameter penting yang mempengaruhi pola penyebaran emisi adalah parameter meteorologi seperti: arah angin, kecepatan angin, dan *Pasquill class* yang menunjukkan kondisi udara berada dalam keadaan stabil atau turbulen. Model *gaussian plume* digunakan untuk memprakirakan konsentrasi polutan ke daerah sekitarnya.

- Estimasi Dampak

Dampak lingkungan dapat diprakirakan dengan fungsi *dose response*. Konsentrasi polutan yang melebihi ambang batas akan berpengaruh terhadap penerima polutan (manusia, tumbuhan dan bangunan). Dampak terhadap kesehatan manusia dapat berupa sakit asma, bronkitis, berobat ke rumah sakit, istirahat karena sakit dan kematian

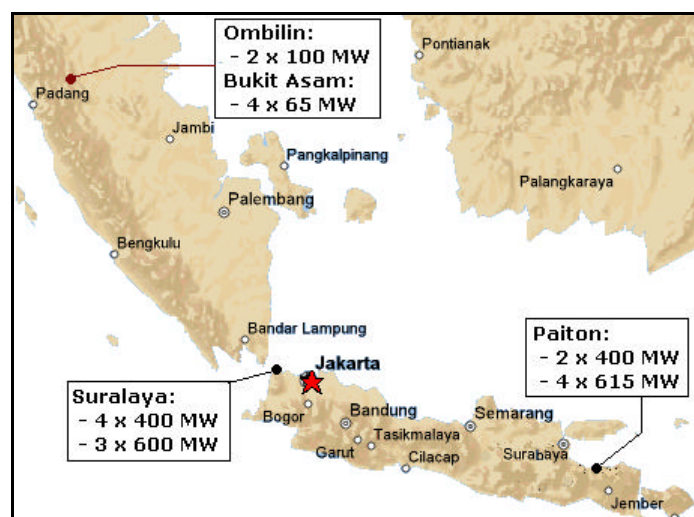
prematur. Setiap jenis polutan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kesehatan manusia. Dampak lingkungan akan semakin besar bila daerah yang terkena polusi mempunyai kepadatan penduduk yang besar.

- Biaya Eksternal

Nilai moneter dari kerusakan lingkungan ditentukan berdasarkan agregat dari kuantifikasi dampak fisik baik terhadap kesehatan, tumbuhan maupun bangunan. Biaya eksternal dapat ditentukan dengan mengalikan dampak fisik (misalnya sakit asma) dengan unit biaya (Rupiah per satuan sakit asma). Estimasi biaya kesehatan merupakan masukan yang harus dipertimbangkan dalam menentukan biaya eksternal. Data untuk negara berkembang belum mencukupi sehingga untuk menentukannya digunakan data dari negara maju dengan melakukan penyesuaian dengan nilai pendapatan perkapita dalam *purchasing power parity* (PPP).

3. Data

Pembangkit listrik batubara yang ada saat ini mempunyai kapasitas terpasang sebesar 7120 MW dengan perincian 460 MW di Sumatera, 3400 MW di Suralaya (Banten) dan 3260 MW di Paiton (Jawa Timur). Lokasi pembangkit listrik batubara diperlihatkan pada Gambar 3. Seperti terlihat dalam peta, pembangkit listrik Suralaya dapat diprakirakan mempunyai biaya eksternal yang paling besar karena mempunyai kapasitas terpasang yang paling besar.



Gambar 3. Kapasitas Terpasang Pembangkit listrik Batubara

Data yang diperlukan untuk masukan model SimPacts secara garis besar dapat dirangkumkan dari Wilde dkk. (2003) sebagai berikut.

- Data Teknis Pembangkit Listrik Suralaya

Secara umum, data yang diperlukan meliputi: jenis teknologi pembangkit listrik, bahan bakar yang digunakan, produksi listrik, karakteristik cerobong asap, dan emisi yang dihasilkan selama operasi. Tabel 1 memperlihatkan data teknis pembangkit listrik Suralaya. Teknologi yang digunakan adalah *pulverized coal steam* dan sudah menggunakan penyaring debu berupa *electrostatic precipitator*.

Tabel 1. Data Teknis Pembangkit Listrik Suralaya

Parameter	Satuan	Nilai
Kapasitas terpasang	GW	3.400
Pembangkitan listrik	GWh/yr	17.727
Karakteristik cerobong		
Tinggi fisik	m	245
Tinggi efektif	m	345
Diameter	m	5,5
Aliran buangan	m/s	16,9
Temperatur keluran	°C	87
Emisi selama operasi		
SO ₂	g/kWh	4,88
NO _x	g/kWh	4,81
PM ₁₀	g/kWh	0,75
Karakteristik Batubara		
Nilai kalor	MJ/kg	28.8
Kandungan uap	%	17,6
Kandungan abu	%	4,37
Kandungan karbon	%	62,6
Kandungan belerang	%	0,53

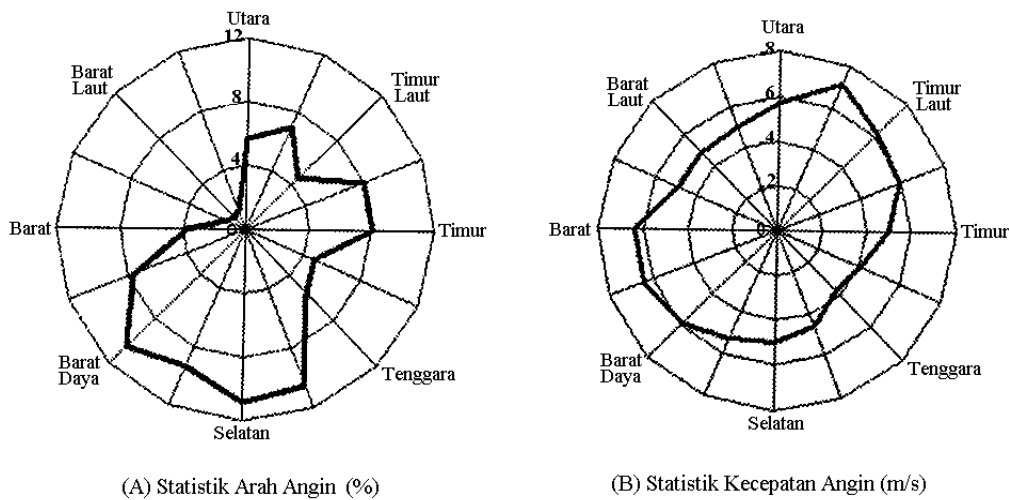
Sumber: Wilde dkk. (2003)

- Data Meteorologi

Suralaya terletak di dekat kota Cilegon dan berada pada 5,9° Lintang Selatan (LS) dan 254° Bujur Barat (BB). Kecepatan angin rata-rata sebesar 5,4 m/s dan temperatur rata-rata udara sekitar (*ambient temperature*) sebesar 29°C. Secara ringkas statistik angin ditampilkan pada Gambar 4.

- Data Penerima Polusi

Data yang diperlukan adalah kepadatan populasi regional dalam radius 500 – 1.000 km dari sumber polusi (termasuk daratan dan air), kepadatan populasi bkal dalam radius 50x50 km² yang terbagi dalam wilayah-wilayah kecil 5x5 km². Kepadatan populasi lokal (50 km) sebesar 356 orang/km² sedangkan untuk regional sebesar 50,5 orang/km².



Gambar 4. Statistik Angin (Wilde dkk. 2003)

4. Biaya Eksternal

Tanpa adanya biaya eksternal, biaya pembangkitan dapat dibagi menjadi tiga komponen, yaitu: biaya investasi, biaya operasi dan perawatan, serta biaya bahan bakar. Dengan mengambil asumsi harga batubara saat ini sebesar 40 US\$/ton, efisiensi thermal pembangkit listrik batubara sebesar 37%, umur operasional sebesar 25 tahun, serta menggunakan *discount rate* sebesar 10% dan 12% maka komponen biaya pembangkitan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Pembangkitan dari Pembangkit Listrik Batubara

Biaya Pembangkitan (cents \$/kWh)	Discount rate	
	10%	12%
- Biaya investasi	2.15	2.64
- Biaya bahan bakar	1.93	1.93
- Biaya operasi dan perawatan	0.19	0.19
Total biaya pembangkitan	4.27	4.77

Menurut Kovacevic dkk. (2001) dampak terbesar dari pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil adalah emisi CO₂, partikel (khususnya PM₁₀ dan PM_{2.5}), SO₂, dan NO_x. Wilde dkk. (2003) hanya menggunakan modul AirPacts untuk menghitung biaya eksternal dari polusi udara terhadap kesehatan manusia. Emisi yang dipertimbangkan adalah SO₂, NO_x dan PM₁₀ karena keterbatasan data.

Biaya eksternal dihitung berdasarkan fungsi *dose response* dikalikan biaya kesehatan per unit dampak fisik kesehatan. Fungsi *dose response* karena terkena polutan digunakan untuk menentukan dampak polutan tertentu terhadap kesehatan manusia. Unit yang digunakan adalah YOLL (*years of life lost*) atau kasus per lamanya terkena polutan (tahun), banyaknya orang yang terkena dan besarnya polutan (g/m³). YOLL menyatakan berkurangnya usia orang karena terkena polutan. Misalkan kematian karena partikel (PM₁₀) sebesar 2,6x10⁻⁴ YOLL/(yr-person-g/m³) maka dampak kesehatan terhadap 1.000 orang dengan konsentrasi polutan sebesar 10 g/m³ selama 75 tahun akan diperoleh 195 YOLL. Dampak ini bila diperhitungkan untuk satu orang akan mengurangi ekspektasi usia orang sebesar 2,5 bulan atau setara dengan resiko mengalami kecelakaan mobil. Fungsi *dose response* ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi *Dose Response*

Fungsi <i>Dose Response</i>	Polutan	Unit	Nilai^{*)}
Kematian (dampak jangka panjang)	PM ₁₀	YOLL/(yr-person-g/m ³)	2,60x10 ⁻⁴ 4,34x10 ⁻⁴
Larangan atau keterbatasan aktivitas sehari-hari	PM ₁₀	Kasus/(yr-person-g/m ³)	2,20x10 ⁻² 3,67x10 ⁻²
Bronkitis kronis jangka panjang	PM ₁₀	Kasus/(yr-person-g/m ³)	4,51x10 ⁻⁵ 7,53x10 ⁻⁵
Dirawat karena gangguan pernafasan	PM ₁₀	Kasus/(yr-person-g/m ³)	2,56x10 ⁻⁶ 4,28x10 ⁻⁶
Gejala gangguan pernafasan (asma pada orang dewasa)	PM ₁₀	Kasus/(yr-person-g/m ³)	9,62x10 ⁻² 16,1x10 ⁻²
Gejala gangguan pernafasan (asma pada anak-anak)	PM ₁₀	Kasus/(yr-person-g/m ³)	4,10x10 ⁻² 6,85x10 ⁻²
Kematian (dampak jangka pendek)	SO ₂	YOLL/(yr-person-g/m ³)	2,30x10 ⁻⁶
Dirawat karena sakit pernafasan	SO ₂	Kasus/(yr-person-g/m ³)	2,84x10 ⁻⁶
Kematian (dampak jangka pendek)	NO _x	YOLL/(yr-person-g/m ³)	1,70x10 ⁻⁶
Dirawat karena sakit pernafasan	NO _x	Kasus/(yr-person-g/m ³)	1,56x10 ⁻⁶

Keterangan: *) Nilai yang mempunyai dua harga menyatakan batas atas dan batas bawah

- Sumber: Wilde dkk. (2003)

Biaya kesehatan per unit dampak fisik kesehatan ditunjukkan pada Tabel 4. Dalam model SimPacts nilai ini dinyatakan dalam US dolar tahun 2000 untuk Eropa. Idealnya, data tersebut berdasarkan nilai ekonomi untuk kondisi setempat. Karena data

untuk Indonesia tidak mencukupi, maka dilakukan penyesuaian berdasarkan pendapatan per kapita dalam *purchasing power parity* (PPP). Indonesia mempunyai PPPGNP per kapita sebesar \$2.407/kapita pada tahun 2000 sedangkan Eropa mempunyai PPPGNP per kapita sebesar \$20.269/kapita. Sehingga biaya di Indonesia diperkirakan sebesar sepersembilan dari biaya di Eropa.

Tabel 4. Biaya Kesehatan per unit Dampak Fisik Kesehatan

Dampak Fisik Kesehatan	Unit	Nilai
Kematian (terkena polutan jangka panjang)	US\$ per YOLL	12.000
Kematian (terkena polutan jangka pendek)	US\$ per YOLL	20.700
Keterbatasan aktivitas sehari-hari	US\$ per kejadian	14
Bronkitis kronis jangka panjang	US\$ per kejadian	21.000
Dirawat karena sakit pernafasan	US\$ per kejadian	540
Gejala sakit pernafasan (orang dewasa)	US\$ per kejadian	1
Gejala sakit pernafasan (anak-anak)	US\$ per kejadian	1
Kanker fatal	US\$ per kejadian	340.000
Kanker ringan	US\$ per kejadian	70.000
Penyakit menurun yang kronis	US\$ per kejadian	490.000

Sumber: Wilde dkk. (2003)

Hasil perhitungan biaya eksternal secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 5. Besarnya biaya eksternal berkisar antara 0,18 – 2,34 cents\$/kWh atau rata-rata sebesar 0,65 cents\$/kWh. Bila dimasukkan dalam komponen biaya pembangkitan maka biaya eksternal ini akan meningkatkan biaya operasi dan perawatan.

Tabel 5. Biaya Eksternal Pembangkit Listrik Suralaya

Polutan	Dampak Fisik	Biaya Eksternal (cents\$/kWh)		
		Rata-rata	Batas bawah 68% <i>confidence interval</i>	Batas atas 68% <i>confidence interval</i>
PM ₁₀	Kematian	0,0434	0,0109	0,174
	Keadaan tidak sehat	0,0186	0,00620	0,0558
SO ₂	Kematian	0,00615	0,00103	0,0369
	Keadaan tidak sehat	0,000125	0,000042	0,000375
NOx	Kematian	0,00274	0,000457	0,0164
	Keadaan tidak sehat	0,000056	0,000019	0,000168
Sulfat	Kematian	0,163	0,0408	0,652
	Keadaan tidak sehat	0,167	0,0557	0,501
Nitrat	Kematian	0,171	0,0428	0,684
	Keadaan tidak sehat	0,0735	0,0245	0,221
Total		0,646	0,182	2,34

Sumber: Wilde dkk. (2003)

5. Kesimpulan dan Saran

Model SimPacts merupakan alat yang cukup mudah digunakan untuk memprakirakan besarnya biaya eksternal dari pembangkit listrik batubara meskipun dengan keterbatasan data yang tersedia. Biaya eksternal dihitung berdasarkan fungsi *dose response* dikalikan biaya kesehatan per unit dampak fisik kesehatan. Besarnya biaya eksternal pembangkit listrik Suralaya berkisar antara 0,18 – 2,34 cents\$/kWh atau rata-rata sebesar 0,65 cents\$/kWh. Dengan adanya biaya eksternal maka biaya pembangkitan akan meningkat sekitar 15%.

Biaya eksternal ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai masukan dalam membuat perencanaan ketenagalistrikan yang berwawasan lingkungan. Dengan adanya tambahan biaya eksternal maka pembangkit listrik fosil akan mempunyai biaya pembangkitan yang lebih tinggi sehingga diharapkan pembangkit listrik dengan menggunakan energi terbarukan dapat bersaing sebagai opsi dalam penyediaan tenaga listrik.

Daftar Pustaka

- DESDM (2005) *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2005-2015*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Dixon, J.A., Carpenter, R.A., Fallon, L.A., Sherman, P.B. and Manopimoke, S. (1988) *Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects*, Earthscan Publication Limiter, London.
- DJLPE (2004) *Statistik Ketenagalistrikan dan Energi*, No. 17, Tahun 2004, <http://www.djlpe.go.id>.
- Kovacevic, T., Tomsic, Z., and Debrechin, N. (2001) *External Cost of Electricity*, 18th Congress of World Energy Council, Buenos Aires.
- Mangkoesoebroto, G. (2001) *Ekonomi Publik*, Edisi 3, BPFE, Yogyakarta.
- Ostro, B. (1994) *Estimating the Health Effect of Air Pollutants: A Method with an Application to Jakarta*, Policy Research Working Paper No. 1301, The World Bank.
- Reksohadiprodjo, S. dan Brodjonegoro, A.B.P. (1997) *Ekonomi Lingkungan: Suatu Pengantar*, Edisi Pertama, BPFE, Yogyakarta.
- Shah, J.J. and Nagpal, J. (1997) *Urban Air Quality Management Strategy in Asia: Jakarta Report*, Technical Paper No. 379, The World Bank.

- Spadaro, J.V. (2002) *A Simplified Methodology for Calculating the Health Impact and Damage Cost of Airborne Pollution: The Uniform World Models*, IAEA.
- Sugiyono, A. (2000) *Prospek Penggunaan Teknologi Bersih untuk Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.1, No.1, hal. 90-95, Jakarta.
- Suparmoko (1997) *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan: Suatu Pendekatan Teoritis*, Edisi Ketiga, BPFE, Yogyakarta.
- Wilde, D., Batan and BPPT (2003) *Comprehensive Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation in Indonesia*, Phase II, Report Prepared for the International Atomic Energy Agency, March 2003.