

Analisis *Levelized Cost of Energy* Pelet Kayu (*Levelized Cost of Energy Analysis of Wood Pellet*)

Bintang CH Simangunsong^{1*}, Ganesha SJ Silalahi¹, Mohammad DG Maulana¹, Elisa GT Manurung¹, Vera J Sitanggang¹, Armansyah H Tambunan²

¹Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

*Penulis korespondensi: bintangcsimangunsong@gmail.com

Abstract

The availability of fossil energy resources as an input of production is limited and eventually will be rare. One of potential alternative energy that is recently developed to partly substitute fossil fuels based energy is wood pellet. The objective of this research was to analyze the levelized cost of energy (LCoE) of wood pellet made from wood processing residues. LCoE was the minimum energy prices that should be sold for an energy project to break even. The LCoE of wood pellet was obtained about IDR 259 per kWh or USD 0.02 per kWh. This LCoE value is lower than the LCoE of fossil fuels. It is indicating that energy derived from wood pellet is a very competitive.

Keywords: LCoE, renewable energy, wood pellet, wood industry, wood residues

Abstrak

Sumber energi fosil sebagai input produksi jumlahnya terbatas dan pada suatu saat akan langka. Salah satu energi alternatif yang potensial dikembangkan saat ini untuk menggantikan sebagian kebutuhan energi fosil adalah pelet kayu. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis *levelized cost of energy* (LCoE) pelet kayu yang dibuat dari limbah kayu industri perikanan. LCoE merupakan harga energi minimum yang harus dijual agar suatu proyek pembangkit energi mencapai titik impas. Nilai LCoE yang diperoleh adalah 259 rupiah per kWh atau 0,02 dollar per kWh. Nilai ini lebih rendah daripada nilai LCoE bahan bakar fosil yang menunjukkan bahwa energi pelet kayu sangat kompetitif.

Kata kunci: energi terbarukan, industri perikanan, LCoE, limbah kayu, pelet kayu

Pendahuluan

Energi memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Kelangsungan berbagai sektor di suatu negara, seperti sektor industri, rumah tangga, transportasi, jasa, dan lain-lain tidak dapat dipisahkan dari penggunaan energi. Konsumsi energi pada periode 2003-2013 mengalami peningkatan dari 117 juta TOE pada tahun 2003 menjadi 174 TOE pada tahun 2013, suatu laju pertumbuhan rata-rata sebesar 4,1% per

tahun (Zed *et al.* 2014). Kebutuhan energi yang semakin meningkat yang sebagian besar berupa energi fosil, seperti minyak bumi dan batu bara ini; berbanding terbalik dengan cadangan energi fosil yang sifatnya terbatas dan pada suatu saat akan semakin langka. Kondisi ini mendorong upaya mencari sumber-sumber energi terbarukan untuk menggantikan energi fosil.

Potensi energi terbarukan Indonesia sangat melimpah dan dapat dimanfaatkan

sebagai sumber energi alternatif dalam mengatasi krisis energi. Salah satu energi alternatif tersebut adalah energi biomassa yang potensinya diperkirakan mencapai 49,81 *Giga Watts* (GW) (Sekretariat Panitia Teknis Sumber Energi 2006). Salah satu sumber energi biomassa adalah kayu. Penggunaan kayu sebagai bahan bakar memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan kayu sebagai bahan bakar adalah mudah didapat karena ketersediaan kayu yang cukup melimpah, memiliki kadar abu yang rendah, bebas dari sulfur dan bahan-bahan yang bersifat polutif atau korosif. Sebaliknya, kekurangan kayu sebagai bahan bakar adalah nilai kalori kayu tergantung pada kadar airnya. Semakin tinggi kadar air kayu maka semakin rendah nilai kalori bersih kayu tersebut. Selain itu, nilai kalori kayu sekitar 2 per 3 dari nilai kalori batu bara karena kayu memiliki kadar karbon yang lebih rendah daripada batu bara (Walker 2006).

Di samping sebagai sumber energi biomassa tradisional, seperti kayu bakar dan briket arang, kayu juga dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi biomassa modern dalam bentuk pelet kayu. Seluruh bagian pohon, seperti batang, cabang, dan ranting dapat dibuat menjadi pelet kayu, namun yang umum digunakan adalah limbah kayu (*wood residues*) dari kegiatan penebangan kayu dan industri pengolahan kayu. Dibandingkan kayu bakar dan briket arang, pelet kayu lebih mudah dan praktis untuk dikemas dan tidak kotor ketika dipakai (Tampubolon 2008, Ciolkosz 2009, Sylviani *et al.* 2013). Terroka (2009) bahkan menyatakan pelet kayu secara signifikan menghasilkan emisi yang lebih rendah daripada kayu bakar.

Saat ini, permintaan pelet kayu di negara-negara Eropa dan Amerika sebagai bahan bakar penghangat ruangan dan bahkan menjadi sumber energi di beberapa pabrik meningkat tajam (Ciolkosz 2009). European Union (EU 2013) melaporkan penggunaan *biomass pellets* (termasuk pelet kayu) di EU meningkat tajam pada periode tahun 2007-2013, yaitu dari 6 juta metrik ton (MT) pada tahun 2007 menjadi 16 juta MT pada tahun 2013. Kebutuhan pelet kayu di negara-negara Asia, seperti Korea Selatan dan Jepang juga tinggi. Sekitar 94,6% dari total ekspor pelet kayu Indonesia ditujukan ke Korea Selatan dan sekitar 1,7% ke Jepang. Jumlah ekspor pelet kayu Indonesia ini sangat kecil jika dibandingkan dengan total impor pelet kayu Korea Selatan dan Jepang, yakni berturut-turut hanya sekitar 6% dan kurang dari 1% (FAO 2015). Kebutuhan pelet kayu yang semakin meningkat seiring dengan semakin gencarnya isu krisis energi dunia membuat pelet kayu menjadi salah satu komoditi ekspor potensial bagi negara Indonesia yang kaya dengan sumber daya hutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis *Levelized Cost of Energy* (LCoE) pelet kayu. LCoE merupakan sebuah ukuran yang dapat digunakan untuk mengevaluasi biaya pembangkit energi per *kilo-watt-hour* (Rp per kWh) dan membandingkan berbagai biaya pembangkit energi lainnya (Zupone *et al.* 2015).

Metode Penelitian

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2016 di PT Sumber Mas Indah Plywood (SMIP), Gresik,

Jawa Timur. PT. SMIP merupakan salah satu perusahaan pengolahan kayu terpadu yang besar dan sudah berdiri sejak tahun 1976 dengan kapasitas produksi kayu lapis sebesar 12000 m³ per bulan. Di samping kayu lapis, PT. SMIP juga menghasilkan produk pengerjaan kayu dan produk pengolahan sekunder dengan standar kualitas yang tinggi. PT. SMIP membuat pelet kayu dari limbah vinir dan sebetan kayu meranti dan sengon.

Jenis data dan cara pengumpulan data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi: tahapan proses produksi; jumlah operator pada setiap tahap proses produksi; jumlah jam kerja per hari; jumlah hari kerja per tahun; jumlah dan umur ekonomis alat mesin, bangunan, dan kendaraan yang digunakan; jenis dan jumlah bahan penolong yang digunakan; jumlah bahan baku (limbah kayu) yang digunakan dan jumlah pelet kayu (*output*) yang dihasilkan. Data primer ini diperoleh melalui pengamatan langsung dan wawancara di lapangan dengan kepala produksi dan operator. Data sekunder, seperti *overhead cost* (biaya telepon, listrik dan kantor), gaji dan upah, nilai kalori pelet yang dihasilkan, tingkat suku bunga dan produksi bulanan pelet kayu diperoleh dengan mengutip laporan perusahaan dan wawancara dengan kepala produksi.

Analisis *levelized cost of energy* (LCoE)

LCoE didefinisikan sebagai total biaya selama masa pakai dari suatu sistem dibagi dengan energi kumulatif yang dihasilkan oleh sistem tersebut (Pawel 2014). Total biaya yang dikeluarkan sepanjang umur sistem tersebut mencakup biaya investasi awal, biaya

operasional dan pemeliharaan, biaya bahan bakar dan biaya modal (NREL 2013). LCoE dapat dianggap sebagai harga energi dalam nilai bersih kini yang harus dijual (Rp per kWh) untuk mencapai titik impas selama masa pakai suatu sistem. Zupone *et al.* (2015) menyatakan LCoE dapat digunakan untuk mengevaluasi biaya pembangkit energi tertentu dan membandingkannya dengan berbagai biaya pembangkit energi lainnya. Nilai LCoE diperoleh ketika nilai kini usaha pelet kayu sama dengan nol (*the project's net present value becomes zero*). Ini berarti nilai LCoE merupakan harga energi minimum yang membuat usaha pelet kayu tidak untung dan tidak rugi (*break-even*) dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (NREL 2013).

$$CRF = \left[\frac{\{r(1+r)^n\}}{\{(1+r)^n - 1\}} \right] \quad (1)$$

$$LCoE = \left[\frac{(OCC.CRF) + FOM}{(TH.CF)} \right] + (FUC.HR) + VOM \quad (2)$$

dengan

LCoE = *levelized cost of energy* (Rp per kWh)

OCC = *overnight capital cost* (Rp per kW)

CRF = *capital recovery factor*

FOM = *fixed operation and maintenance costs* (Rp per kW tahun)

TH = lama operasi satu tahun

CF = *capacity factor, the portion of a year that pellet mill is generating power*

FUC = *fuel cost* (Rp per MBtu)

HR = *heat rate* (Btu per kWh).

VOM = *variable operation and maintenance costs* (Rp per kW tahun)
 n = *the number of annuities received*
 r = tingkat suku bunga pinjaman (% per tahun)

Overnight Capital Cost (OCC) atau disebut biaya modal sesaat merupakan biaya modal awal yang dikeluarkan untuk membangun suatu pembangkit energi. Biaya ini tidak memasukkan bunga modal selama konstruksi. OCC meliputi biaya tanah, biaya bangunan, biaya kantor (*Direct Control System*, DCS) dan biaya pengadaan alat dan mesin.

Capital Recovery Factor (CRF) atau faktor pengembalian modal merupakan rasio yang digunakan untuk menghitung jumlah angsuran pokok dan bunga yang besarnya sama setiap tahun (*annuitas*) selama periode pinjaman (Kanata 2015). Tingkat suku bunga pinjaman Bank Mandiri sebesar 10,25% dan umur sistem pembangkit energi selama 20 digunakan untuk menghitung CRF.

Operation and Maintenance Costs (OMC) merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin dan tergantung pada teknologi dan kapasitas daya terpasang. OMC dibedakan menjadi dua, yaitu *fixed operation and maintenance costs* (FOM) dan *variabel operation and maintenance costs* (VOM). FOM merupakan biaya operasional rutin yang meliputi gaji tenaga kerja, biaya *overhead*, biaya pemeliharaan mesin. Biaya ini termasuk dalam biaya tahunan yang tidak tergantung pada produksi pelet kayu. VOM meliputi biaya bahan penolong, upah *outsourcing*, dan biaya bahan baku. Biaya ini tergantung pada jumlah pelet kayu yang dihasilkan.

Hasil dan Pembahasan

Produksi pelet kayu

Pelet kayu yang diproduksi oleh PT. SMIP dibuat dari limbah kayu berupa vinir dan sebetan kayu meranti dan sengon. Proses produksi pelet kayu terdiri dari beberapa tahap, yaitu penghancuran atau pengecilan ukuran bahan baku (*pulverizing*), pengeringan dan pembersihan bahan baku (*drying and cleaning*), pembentukan pelet kayu (*pelleting*), dan pendinginan dan pengemasan pelet kayu (*cooling and packaging*). Besarnya produksi pelet kayu PT. SMIP pada tahun 2015 adalah 11525 ton per tahun.

Nilai kalor pelet kayu yang dihasilkan sekitar 4520 kkal kg⁻¹ dengan kadar air 5,4% (Tabel 1). Nilai kalor yang dihasilkan tersebut lebih tinggi daripada nilai kalor pelet kayu yang dibuat dari serbuk kayu gergajian sengon sebesar 4003 kkal kg⁻¹ (Hendra 2012), namun lebih kecil daripada nilai kalor pelet kayu serbuk kayu gergajian akasia sebesar yang dibuat dari serbuk kayu gergajian kayu jati sebesar 4961 kkal kg⁻¹ dan 4605 kkal kg⁻¹ (Hendra 2012) serta dari cangkang sawit sebesar 4557 kkal kg⁻¹.

Nilai kalor pelet yang dihasilkan PT SMIP masuk dalam kisaran nilai kalor pelet kayu yang dibuat dari ranting-ranting minyak kayu putih sebesar 4407-

Tabel 1 Kualitas pelet kayu PT.SMIP

Parameter	Unit	AR
<i>Total moisture</i>	% berat	5,4
<i>Ash content</i>	% berat	0,7
<i>Volatile matter</i>	% berat	77,1
<i>Fixed carbon</i>	% berat	16,8
Total sulfur	% berat	0,06
<i>Gross calorific value</i>	Kcal Kg ⁻¹	4520

Sumber: PT. SMIP (2015)

Keterangan: AR = *as received*

4628 kkal kg⁻¹ (Tyas 2015) dan kayu bakau dan cangkang sawit sebesar 4448-4859 (Nasir 2015). Perbedaan nilai kalor yang diperoleh sangat tergantung pada berat jenis biomassa yang digunakan. Baker (1983) menyatakan semakin tinggi berat jenis biomassa yang digunakan maka nilai kalor yang dihasilkan semakin besar.

Levelized cost of energy (LCoE)

Besarnya investasi awal yang diperlukan untuk menghasilkan pelet kayu di PT. SMIP adalah Rp 35,33 milyar. Biaya investasi ini meliputi biaya pengadaan alat dan mesin (50,8%), bangunan (29,3%), lahan (19,5%) dan biaya inventaris (0,4%). Berdasarkan produksi pelet kayu pada tahun 2015 sebesar 11525 ton per tahun, biaya operasi dan pemeliharaan diperkirakan sebesar 8,35 milyar rupiah per tahun. Komponen biaya terbesar adalah biaya bahan baku (38,2%) diikuti oleh biaya listrik (20,5%), gaji dan upah (19,1%), biaya bahan penolong (16,70%), biaya pemeliharaan (4,6%) dan biaya *overhead* (0,9%). Biaya investasi, operasi dan

pemeliharaan secara rinci disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis LcoE secara rinci disajikan pada Tabel 3. Pabrik pelet kayu sebagai sistem pembangkit energi diperkirakan berumur 15 tahun sesuai dengan umur mesin-mesin utama pembuat pelet kayu. Kapasitas produksi energi diperkirakan sebesar 9871 kW dan menghasilkan energi sebesar 60,59 juta kWh pada tahun 2015.

Hal ini didasarkan pada kapasitas produksi pelet kayu sebesar 1,88 ton per jam dan produksi pelet kayu sebesar 11525 ton pada tahun 2015. Lama operasi adalah 6138 jam per tahun yang diperoleh dari rata-rata mesin pelet beroperasi sekitar 22 jam per hari dikalikan dengan jumlah hari kerja sebesar 279 hari per tahun. Ini setara dengan *capacity factor* sebesar 0,70 (NREL 2013).

Besar *Capital Recovery Factor* (CRF) adalah 0,13 yang diperoleh menggunakan persamaan (1) dengan tingkat suku bunga pinjaman sebesar

Tabel 2 Biaya investasi, operasi dan pemeliharaan PT. SMIP

Biaya	Satuan	Jumlah	Persentase
Investasi awal	Rp milyar	35,33	100,0%
Mesin	Rp milyar	17,94	50,8%
Inventaris	Rp milyar	0,13	0,4%
Tanah	Rp milyar	6,90	19,5%
Bangunan	Rp milyar	10,35	29,3%
Biaya operasi dan pemeliharaan	Rp milyar per tahun	8,35	100,0%
<i>Overhead</i>	Rp milyar per tahun	0,07	0,9%
Pemeliharaan	Rp milyar per tahun	0,39	4,6%
Gaji	Rp milyar per tahun	0,94	11,3%
Bahan baku	Rp milyar per tahun	3,19	38,2%
Bahan penolong	Rp milyar per tahun	1,39	16,7%
Upah	Rp milyar per tahun	0,66	7,8%
Listrik	Rp milyar per tahun	1,72	20,5%

10.25% dan umur sistem pembangkit energi selama 15 tahun. *Overnight Capital Cost* (OCC) yang diperlukan sekitar 3579077 rupiah per kW. Nilai OCC ini didapatkan dari biaya investasi awal dibagi dengan kapasitas produksi. Nilai OCC ini kemudian dikalikan dengan CRF dan hasilnya dibagi dengan lama operasi dan *capacity factor* untuk mendapatkan nilai OCC sebesar 110,98 rupiah per kWh.

Fixed operation and maintenance costs (FOM) yang dikeluarkan pada tahun 2015 diperkirakan sebesar 141.732 rupiah per kW tahun yang diperoleh dengan membagi biaya (*overhead* + biaya pemeliharaan + gaji) dengan kapasitas produksi. Nilai FOM ini kemudian dibagi dengan lama operasi dan *capacity factor* untuk mendapatkan nilai FOM sebesar 32,95 rupiah per kWh. *Variable operation and maintenance costs* (VOM) yang dikeluarkan pada tahun 2015 diperkirakan sebesar 86,43 rupiah per kWh yang diperoleh dengan membagi biaya (bahan baku + bahan penolong + upah) dengan jumlah energi yang dihasilkan. Biaya listrik yang digunakan oleh mesin-mesin pelet kayu diperkirakan sebesar 28,31 rupiah per kWh. Nilai LCoE pelet kayu kemudian

diperoleh dengan menjumlahkan nilai OCC, FOM, VOM dan biaya listrik dan besarnya sekitar 258,67 rupiah per kWh atau 0,02 dollar per kWh.

Nilai LCoE pelet kayu yang diperoleh lebih rendah daripada nilai LCoE biomassa yang dilaporkan oleh IRENA (2015) yang besarnya berkisar dari 0,04 dollar per kWh (wilayah Asia dan Eurasia) sampai 0,14 dollar per kWh (wilayah Eropa). Hal ini diakibatkan karena perbedaan biaya investasi (mesin-mesin dan peralatan), bahan baku, biaya transportasi dan kapasitas produksi energi dari teknologi yang digunakan.

Nilai LCoE pelet kayu yang diperoleh juga lebih rendah daripada nilai LCoE pembangkit energi berbahan bakar fosil berkisar 0,045-0,14 dollar per kWh. Jika faktor kesehatan dan lingkungan diperhitungkan, nilai LCoE bahan bakar fosil meningkat menjadi 0,07-0.19 dollar per kWh dengan asumsi harga emisi CO₂ sebesar 20-80 dollar per ton CO₂ (IRENA 2015).

Semakin kecil nilai LCoE maka semakin kompetitif harga energi yang diproduksi dari suatu teknologi. Nilai LCoE pelet kayu yang lebih rendah daripada nilai LCoE bahan bakar fosil menunjukkan bahwa harga energi pelet kayu sangat

Tabel 3 Hasil analisis leveled cost of energy (LCoE)

Item	Satuan	Jumlah
Umur sistem pembangkit energi	tahun	15
Kapasitas produksi	MW	9,87
Produksi energi tahun 2015	kWh	60586314
Lama operasi dalam satu tahun	Jam	6138
<i>Capacity factor</i>	-	0,70
Tingkat suku bunga	% per tahun	10,25
Capital recovery factor	-	0,13
<i>Overnight capital cost</i>	Rp per kW	3579077
<i>Fixed operation and maintenance costs</i>	Rp per kW-tahun	141732
<i>Variable operation and maintenance costs</i>	Rp per kWh	86,43
Biaya listrik	Rp per kWh	28,31
<i>Levelized Cost of Energy (LCOE)</i>	Rp per kWh	258,67

kompetitif terhadap harga energi bahan bakar fosil. Analisis LCoE di perusahaan-perusahaan pelet kayu lainnya di Indonesia perlu dilakukan untuk melihat rentang nilai LCo pelet kayu sebagai salah satu bahan evaluasi dalam upaya pengembangan sumber energi terbarukan untuk menggantikan energi fosil.

Kesimpulan

Nilai LCoE pelet kayu diperkirakan sebesar 258,67 rupiah per kWh atau 0,02 dollar per kWh. Nilai ini lebih rendah daripada nilai LCoE bahan bakar fosil yang menunjukkan bahwa harga energi pelet kayu sangat kompetitif terhadap harga energi bahan bakar fosil.

Daftar Pustaka

- Baker, A. J. 1983. "Wood Fuel Properties and Fuel Products From Woods". In *proceedings of the Fuel Wood Management and Utilization Seminar*; 1982 November 9; East LansingIn: *Fuelwood management and utilization seminar: Proceedings. East Lansing*; Michigan: Michigan State University.
- Ciolkosz D. 2009. Manufacturing Fuel Pellets From Biomass. *Penn State Renewable And Alternative Energy Program: energy.extension.psu.edu*. The Pennsylvania State University: Penn State Biomass Energy Center and Department of Agricultural and Biological Engineering.
- Hendra D. 2012. Rekayasa pembuatan mesin pelet kayu dan pengujian hasilnya. *J Penelit Has Hutan*. 30(2): 144-154.
- [IRENA] International Renewable Energy Agency. 2015. *Renewable Power Generation Costs in 2014*. Bonn: International Renewable Energy Agency
- Kanata S. 2015. Kajian ekonomi pembangkit *hybrid renewable energy* menuju desa mandiri energi di Kabupaten Bone-Bolango. *J Rekayasa Elekrika*. 11(3):79-122.
- Nasir A. 2015. Karakteristik *wood pellet* campuran cangkang sawit dan kayu bakau (*Rhizophora* spp.) [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [NREL] National Renewable Energy Laboratory. 2013. *Simple Levelized Cost of Energy (LCOE) Calculator Documentation*. [http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe_documentation](http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe_documentation.html). html. [27 Juni 2016].
- Pawel I. 2014. The cost of storage-how to calculate the levelized cost os stored energy (LCOE) and applicatons to renewable energy generation. *J Energy Procedia*. 46(2014):68-77. doi: 10.1016/j.egypro.2014.01.159.
- Sekretariat Panitia Teknis Sumber Energi. 2006. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Sylviani, Dwiprabowo H, dan Suryandari EY. 2013. Analisis biaya penggunaan berbagai energi biomassa untuk IKM (studi kasus di kabupaten wonosobo). *J Penelit Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 1(10):48-60.
- Tampubolon AP. 2008. Kajian kebijakan energi biomassa kayu bakar study of fuelwood biomass energy policies. *J Analisis Kebijakan Kehutanan*. 5(1):29–37.
- Terroka A. 2009. Can residential biomass pellet stoves meet a significant investigation. *The Green Institute*

- <http://www.greeninstitute.org/media/documents/pelletstovepaper.v.2.pdf>.
[30 April 2016]
- Tyas HN. 2015. Kualitas Pelet Kayu dari Limbah Padat Pengolahan Kayu Putih (*Melaleuca leucadendron*) Sebagai Bahan Bakar Ramah Lingkungan. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Walker JCF. 2006. *Primary Wood Processing Principle and Practice 2nd Edition*. Netherlands: Springer.
- Zed F, Suharyani YD, Rasyid A, Hayati D, Rosdiana D, Mohi E, Santhani F, Pambudi SH, Malik C, Santosa J *et al*. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Zupone GI, Amelio M, Barbarelli S, Florio G, Scomaienchì M, Cutrupi A. 2015. Levelized Cost of Energy: a first evaluation for a self balancing kinetic turbine. *J Energy Procedia*. 75(2015):283-293.
- Riwayat naskah:
Naskah masuk (*received*): 10 Januari 2017
Diterima (*accepted*): 9 Maret 2017