

## PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGKITAN LISTRIK KLT-40 DENGAN SEWA-BELI

Sriyana<sup>1)</sup>

### Abstrak

**PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGKITAN LISTRIK KLT-40 DENGAN SEWA-BELI.** Aspek ekonomi dari suatu studi kelayakan merupakan hal yang penting. Pada tulisan ini disajikan perhitungan biaya pembangkitan sepanjang umur manfaat KLT-40 dan perhitungan biaya pembangkitan dengan opsi sewa-beli selama 5 tahun. Profil sebaran biaya investasi lima tahunan sepanjang umur manfaat (30 tahun) diasumsikan sebagai berikut : 20%, 30%, 15%, 15%, 10%, 10%. Berdasarkan perhitungan dapat ditunjukkan bahwa biaya pembangkitan listrik selama umur manfaat adalah sebesar 9,86 cents\$/kWh. Apabila sebaran investasi selama umur manfaat diasumsikan merata maka biaya pembangkitan dengan sewa-beli selama 5 tahun adalah sebesar 7,51 cents\$/kWh. Sesuai dengan asumsi profil sebaran biaya investasi di atas maka diperoleh biaya pembangkitan berturut-turut sebesar : 7,92; 9,17; 7,30; 7,30; 6,67; 6,67 cents\$/kWh.

### Abstract

**KLT-40 GENERATING COST CALCULATION WITH *LEAST-BUY* OPTION.** Economic aspect has an important role in a project feasibility study. This paper describe the calculation of generating cost all over the useful life of KLT-40 and also perform a calculation of generating cost with *least-buy* option for 5 years, in the range of useful life of KLT-40. Five years deployment of investment cost profile all over useful life (30 years) assumed : 20%, 30%, 15%, 15%, 10%, 10%. Base on the flatly deployment of investment cost for useful life (average), the calculation give cents\$ 7.51/kWh for generating cost, compared with cents\$ 9.86/kWh for all over useful life. And in correlation with the five years deployment of investment cost profile assumption, the generating cost will be : 7.92, 9.17, 7.30, 7.30, 6.67, and 6.67 cents\$/kWh.

---

<sup>1)</sup> Bidang Partisipasi Industri Nuklir P2EN-BATAN

## I. PENDAHULUAN

### I. 1. Latar Belakang Masalah

Untuk menilai suatu proyek apakah layak dilaksanakan atau tidak, perlu dilakukan studi kelayakan. Studi ini meliputi berbagai aspek, misalnya aspek perizinan dan legalitas, aspek lingkungan, aspek pemasaran, aspek organisasi dan sumber daya manusia, aspek ekonomi dan keuangan serta aspek lain yang terkait dengan proyek tersebut. Atau dengan kata lain evaluasi proyek merupakan proses pengkajian kelayakan dari suatu rencana investasi yang memperhitungkan berbagai aspek yang akan menentukan keberhasilan investasi suatu proyek pada masa mendatang dilihat dari manfaat yang dihasilkan dan biaya yang dikeluarkan.

Di samping merupakan hal yang penting dari aspek ekonomi-keuangan, evaluasi biaya pembangkitan juga terkait dengan aspek pemasaran. Kaitannya dengan aspek pemasaran adalah oleh karena biaya pembangkitan ini akan dikompetisikan antara biaya pembangkitan jenis pembangkit tertentu dengan jenis pembangkit lain. Dengan biaya pembangkitan yang semakin rendah maka pembangkit tersebut akan semakin kompetitif. Serta dengan analisis biaya pembangkitan memungkinkan untuk mengetahui faktor penting mana yang mempengaruhi biaya pembangkitan itu sendiri, sehingga pekerjaan *engineering* dapat dilakukan dari sini.

Dalam tulisan ini dilakukan studi analisis biaya pembangkitan listrik dengan pembangkit KLT-40. Pembangkit ini merupakan pembangkit kecil berdaya 35 Mwe tiap unitnya, dan dibangun dalam sebuah kapal yang terdiri dari 2 unit. Jadi pembangkit ini merupakan pembangkit yang dapat berpindah-pindah dan memungkinkan untuk disewa-belikan. Sewa-beli disini dimaksudkan untuk pembelian listrik yang dihasilkan oleh KLT-40, dimana paket pembangkit tersebut didatangkan pada lokasi yang diinginkan dan disambungkan ke jaringan yang disediakan. Analisis biaya pembangkitan ini ditekankan pada opsi sewa-beli selama 5 tahun dan dilakukan studi sensitivitas besarnya sebaran investasi selama umur manfaat dari instalasi KLT-40 tersebut terhadap biaya pembangkitannya.

### I. 2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah untuk :

- 1) Menghitung biaya pembangkitan listrik dengan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) jenis KLT-40, dengan opsi alternatif sewa-beli.
- 2) Melakukan analisis sensitivitas biaya pembangkitan terhadap waktu dan sebaran besarnya investasi selama umur manfaat KLT-40.
- 3) Menyusun program untuk menghitung biaya pembangkitan dengan opsi sewa-beli dengan Microsoft Excel 1997.

Sedangkan manfaat dari studi ini diharapkan dapat memperkirakan berapa harga listrik yang sebenarnya, dan pada tingkat yang wajar dilihat dari biaya yang dikeluarkan.

### I. 3. Ruang Lingkup

Penelitian ini meliputi analisis dan perhitungan tekno-ekonomi KLT-40 baik untuk investasi jangka panjang (selama umur ekonomi) maupun untuk perhitungan jangka sewa-beli yang diinginkan. Selain itu penelitian ini juga mencakup analisis waktu dan besarnya investasi yang ditanamkan untuk membangun pembangkit listrik. Analisis waktu dan besar investasi ini diperlukan untuk menentukan besarnya biaya pembangkitan dalam penggal waktu mana KLT-40 tersebut akan disewa-beli.

## II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan metodologi sebagai berikut :

### 1. *Pengumpulan data tekno-ekonomi dari KLT-40.*

Pengumpulan data tekno-ekonomi KLT-40 diperoleh dari dokumen teknis<sup>[1]</sup> dan data tekno-ekonomi pada program DEEP versi 1.1 dengan kasus : Reference Case12 (KLT-40)<sup>[2]</sup>

### 2. *Perhitungan biaya pembangkitan listrik dengan KLT-40 selama umur ekonominya*

Perhitungan biaya pembangkitan ini dilakukan selama 30 tahun dengan data selengkapnya tercantum dalam sub-bab terkait dalam makalah ini.

### 3. *Menentukan besar investasi yang dibayarkan pada seluruh waktu investasi*

Besarnya investasi yang dibayarkan terhadap waktu, akan dicari korelasinya sehingga dapat menentukan profil pembayaran investasi terhadap waktu yang spesifik.

### 4. *Menghitung besarnya biaya pembangkitan dengan opsi sewa-beli*

Selanjutnya dalam tahap ini akan ditentukan berapa besar biaya pembangkitan listrik dengan opsi sewa-beli. Penggal waktu sewa-beli terhadap waktu investasi diduga akan ikut menentukan berapa besarnya biaya pembangkitan listrik.

Semua perhitungan didasarkan pada metode perhitungan biaya pembangkitan teraras (*levelized*).

## III. DASAR TEORI

Biaya pembangkitan tenaga listrik (*power generation cost*), biasanya dinyatakan dalam satuan mata uang kilowatt-hour listrik yang dihasilkan (Rp/kWh) yang menyatakan total biaya pembangkitan tenaga listrik. Biaya pembangkitan tenaga listrik terdiri dari tiga komponen biaya utama, yaitu biaya modal (*capital cost*), biaya bahan bakar (*fuel cost*) dan biaya operasi dan perawatan (*operation and maintenance cost, O&M cost*). Khusus untuk pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) masih ditambah dengan biaya dekomisi (*decommissioning cost*), yaitu biaya yang harus dikeluarkan untuk membersihkan dan membongkar instalasi PLTN yang mengandung radiasi.<sup>[3]</sup>

Ada beberapa metode dalam mengevaluasi dan menghitung biaya pembangkitan listrik, baik pembangkit listrik nuklir maupun fosil. Metode tersebut antara lain<sup>[4]</sup> :

- 1) Biaya tahunan per kWh untuk biaya modal, operasi dan perawatan serta biaya pemakaian bahan bakar dari suatu unit pembangkit dibagi listrik yang dihasilkan dalam tahun yang bersangkutan.
- 2) Biaya teras per kWh, yaitu biaya produksi selama umur manfaat dibagi dengan listrik yang dihasilkan selama kurun waktu umur manfaat tersebut.
- 3) Biaya sistem, yakni digunakan untuk menghitung biaya operasi seluruh jaringan listrik

Pada tulisan ini hanya akan dijelaskan secara singkat mengenai metode perhitungan biaya pembangkitan teras, sedangkan untuk besaran dan pengertian ekonomi lain yang terkait tidak diuraikan disini.

Selain terjadi perubahan biaya pembangkitan listrik, jumlah listrik yang dibangkitkan oleh pusat pembangkit juga mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Perubahan ini bisa diakibatkan oleh perbaikan dan perawatan baik yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan, perubahan performansi operasi pembangkit atau perubahan kapasitas produksi karena perubahan permintaan listrik oleh konsumen. Perubahan-perubahan ini menyebabkan biaya listrik selalu berubah setiap tahunnya. Oleh karena itu untuk mempermudah perhitungan perkiraan biaya digunakan metode biaya teras, yaitu perhitungan perkiraan unit biaya (Rp/kWh atau US\$/kWh) yang dipertahankan konstan sepanjang umur manfaat instalasi yang direncanakan.

Jika diandaikan  $c$  adalah biaya modal termasuk bunga dan biaya dekomisi,  $m$  adalah biaya operasi dan perawatan,  $f$  adalah biaya bahan bakar,  $e_t$  adalah energi listrik yang dihasilkan,  $L$  adalah umur pembangkit dalam tahun dan  $r\%$  adalah faktor diskon per tahun, maka :

$$\text{Biaya teras} = \frac{\sum_0^L (c + m + f) / (1 + r / 100)^t}{\sum_0^L e_t / (1 + r / 100)^t} \quad (1)$$

#### IV. PERHITUNGAN

Perhitungan biaya pembangkitan listrik KLT-40 ini dilakukan, dengan bantuan lembar kerja (*spreadsheet*) Microsoft Excel 1997. Program ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian lembar kerja yang menghitung biaya pembangkitan selama umur manfaat instalasi pembangkit listrik KLT-40 dan bagian yang menghitung biaya pembangkitan listrik selama umur sewa-beli yang diinginkan. Dalam kasus ini dihitung lamanya sewa-beli adalah 5 (lima) tahun.

Bagian perhitungan selama umur manfaat KLT-40 terdiri dari data tekno-ekonomi serta parameter terkait dan hasil hitungan biaya pembangkitannya yang ditunjukkan dalam

satuan cent\$/kWh. Semua perhitungan adalah dengan levelisasi. Sedangkan pada bagian perhitungan biaya sewa-beli selama 5 tahun terdiri dari data investasi dan profil perkiraan sebaran investasi dalam kurun waktu umur manfaatnya. Metode levelisasi juga digunakan dalam perhitungan sewa-beli ini, selain itu dilakukan juga perhitungan sensitivitas biaya pembangkitan terhadap profil sebaran investasi selama kurun umur manfaat KLT-40.

#### IV. 1. Perhitungan Selama Umur Manfaat KLT-40

**Tabel 1. Data Tekno-ekonomi dan Perhitungan Selama Umur Manfaat KLT-40**

	satuan	besar
<b>Parameter input data ekonomi</b>		
<i>Discount rate</i>	%/a	8.00
<i>Interest rate</i>	%/a	8.00
<i>Currency reference year</i>		1998
<i>Initial year of operation</i>		2005
<i>Plant economic life</i>	tahun	30.00
<i>Construction lead time</i>	bulan	36.00
<b>Parameter input data teknis KLT-40</b>		
<i>Power plant unit net output</i>	MWe	35
<i>Number of power unit at site</i>		2
<i>Net thermal efficiency</i>	%	21.90
<i>Factor auxiliary load</i>	%	5.26
<i>Planned outage rate</i>	%	10.00
<i>Unplanned outage rate</i>	%	11.00
<i>Operating availability</i>	%	80.10
<b>Energy plant cost data and calculation</b>		
<i>Specific construction cost</i>	\$/kW(e)	2834
<i>Additional site related construction cost</i>	\$/kW(e)	283.40
<i>Energy plant contingency factor</i>	%	0.00
<i>Total specific construction cost</i>	\$/kW(e)	3117.40
<i>Specific O&amp;M cost</i>	\$/MW(e).h	30.40
<i>Specific nuclear fuel cost</i>	\$/MW(e).h	22.86
<i>Specific decommissioning cost</i>	\$/MW(e).h	1.00
<i>Nuclear fuel annual real escalation</i>	%/a	0.00
<i>Total construction cost</i>	M\$	218.22
<i>Interest during construction (IDC)</i>	M\$	26.70
<i>Total plant investment</i>	M\$	244.92
<i>Specific investment cost</i>	\$/kW	3498.87
<i>Levelized fixed charge rate</i>	%	8.88
<i>Fuel levelization factor</i>		1.00
<i>Annual levelized capital cost</i>	M\$/a	21.76
<i>Annual fuel cost</i>	M\$/a	11.23
<i>Annual O&amp;M cost</i>	M\$/a	14.93
<i>Annual levelized decommissioning cost</i>	M\$/a	0.49
<i>Total annual required revenue</i>	M\$/a	48.41
<i>Annual electricity production</i>	kW(e).h	491,173,200
	\$/kW(e).h	0.0986
<i>Levelized power cost</i>	cent\$/kW(e).h	9.86

#### IV. 2. Perhitungan Biaya Pembangkitan Sewa-Beli Selama 5 tahun

##### a. Asumsi-asumsi

- 1) Investasi diperhitungkan selama 30 tahun
- 2) Sebaran biaya investasi 5 tahunan adalah : 20%, 30%, 15%, 15%, 10%, 10%.
- 3) Produksi listrik dengan kapasitas tetap selama 5 tahun
- 4) Biaya transportasi KLT-40 ke lokasi tidak diperhitungkan
- 5) Biaya penyediaan jaringan dan konstruksi di *on-shore* tidak diperhitungkan

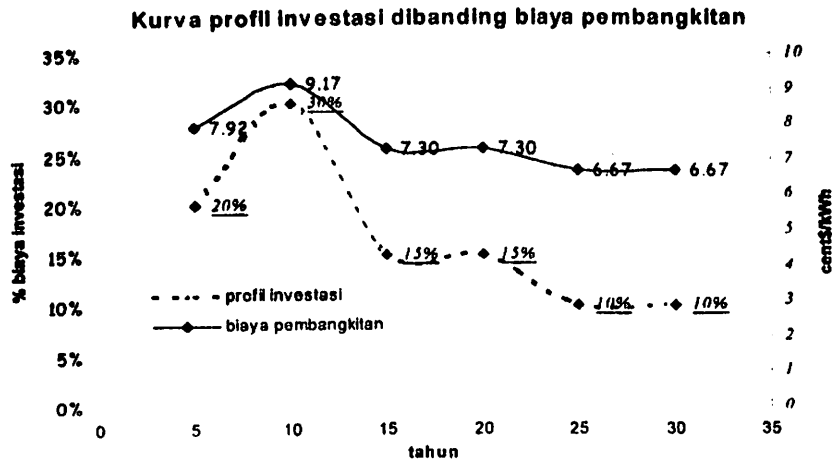
##### b. Rincian biaya dan perhitungan sewa-beli 5 tahun

Rincian biaya dan perhitungan sewa-beli selama 5 tahun adalah sebagai berikut :

**Tabel 2. Data Tekno-ekonomi dan Perhitungan Sewa-Beli Selama 5 tahun**

- Biaya konstruksi, M\$	218.22						
- IDC, M\$	26.70						
Total biaya konstruksi, M\$	244.92						
Lama sewa-beli, tahun	5.00						
	Profile sebaran investasi selama 30 tahun						
Profile 5 tahun-investasi selama 30 tahun	rata-rata	20%	30%	15%	15%	10%	10%
Biaya kapital (5 tahun), M\$	40.82	48.98	73.48	36.74	36.74	24.49	24.49
Levelized fixed charge rate, %	25.05	25.05	25.05	25.05	25.05	25.05	25.05
Annual levelized capital cost (5 tahun), M\$	10.22	12.27	18.40	9.20	9.20	6.13	6.13
Annual fuel cost, M\$	11.23	11.23	11.23	11.23	11.23	11.23	11.23
Annual O&M cost, M\$	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93
Annual levelized decommissioning cost, M\$	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Total annual required revenue, M\$	36.87	38.92	45.05	35.85	35.85	32.79	32.79
Annual electricity production, MW(e)h	491,173,2	491,173,2	491,173,2	491,173,2	491,173,2	491,173,2	491,173,2
Levelized power cost, cent\$/kWh	7.51	7.92	9.17	7.30	7.30	6.67	6.67

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pembangkitan sewa-beli terhadap profil sebaran investasi selama umur manfaat dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Profil Sebaran Investasi 5 Tahunan dan Biaya Pembangkitan KLT-40

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

- 1) Untuk perhitungan selama umur manfaat instalasi KLT-40 biaya pembangkitannya sebesar : cents US\$ 9,86
- 2) Untuk perhitungan sewa-beli selama 5 tahun terhadap profil sebaran investasi adalah seperti terlihat dalam Tabel. 3

Tabel 3. Sebaran Investasi

Profile 5 tahun-investasi selama 30 tahun	20%	30%	15%	15%	10%	10%
Levelized power cost, cent\$/kWh	7.92	9.17	7.30	7.30	6.67	6.67

Sedangkan apabila sebaran investasi tersebut diasumsikan merata sepanjang umur manfaat instalasi KLT-40, maka biaya pembangkitan adalah sebesar cents US\$ 7,51.

Apabila dilihat hasil perhitungan di atas maka terjadi perbedaan yang cukup besar antara biaya pembangkitan yang dihitung selama umur manfaat dan biaya pembangkitan yang dihitung dengan opsi sewa-beli selama 5 tahun, yakni cents US\$ 9,86 dibanding cents US\$ 7,51 apabila investasi menyebar merata sepanjang umur manfaat. Dan besarnya perbedaan biaya pembangkitan ini akan bervariasi terhadap sebaran investasi seperti tercantum dalam tabel di atas.

Gambar 1. menunjukkan bahwa profil biaya pembangkitan listrik akan mengikuti profil sebaran biaya investasi selama umur manfaatnya. Hal ini disebabkan oleh besarnya biaya investasi yang dilevelisasikan. Apabila dilakukan perhitungan untuk masa sewa-beli yang

berbeda maka hal ini juga akan mengakibatkan biaya sewa-beli yang berbeda, oleh karena faktor levelisasinya juga berbeda. Hal ini dapat dilihat pada faktor levelisasi (*levelized fixed charge rate*) untuk sepanjang umur manfaat dan selama 5 tahun masa sewa-beli, yakni sebesar 8,88% dan 25,05%.

## **VI. PENUTUP**

### **VI. 1. Kesimpulan**

- 1) Biaya pembangkitan KLT-40 yang diperhitungkan selama umur manfaatnya adalah sebesar *cents US\$ 9,86*.
- 2) Biaya pembangkitan KLT-40 dengan opsi sewa-beli dan dengan sebaran investasi merata sepanjang umur manfaat adalah sebesar *cents US\$ 7,51*.
- 3) Profil sebaran biaya investasi sepanjang umur manfaat pembangkit dan lamanya sewa-beli, akan menentukan besarnya biaya pembangkitan dengan opsi sewa-beli.
- 4) Faktor levelisasi yang merupakan fungsi faktor diskon dan interes juga cukup signifikan berpengaruh terhadap biaya pembangkitan listrik.

### **VI. 2. Saran**

Dalam perhitungan ini profil sebaran investasi sepanjang umur investasi masih diasumsikan, oleh karena itu untuk mendapatkan data yang dapat menggambarkan profil sebaran yang lebih mendekati perlu dilakukan studi tersendiri untuk menentukan profil sebaran investasi tersebut. Hal ini penting oleh karena sangat berpengaruh dalam penentuan biaya sewa-beli .

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Russian Federation Ministry for Atomic Energy, *Bringing Nature's Abundance to the World : Floating Nuclear Heat-Electric Generation Plant, Russia*.
2. IAEA, *Methodology for the Economic Evaluation of Cogeneration/Desalination Options : A User's Manual*, Vienna, 1997
3. Arnold Y. S., *Prosiding Pengantar Perencanaan Energi I : Konsep Dasar Ekonomi Energi*, Batan, Jakarta, 1998
4. Edi Sartono, *Prosiding Pengantar Perencanaan Energi I : Metode Perhitungan Biaya Pembangkitan Listrik*, Batan, Jakarta, 1998
5. Tresna P. Soemardi, *Prosiding Workshop on Economic and Financing of NPPs : Teknik Evaluasi Proyek*, IAEA-BATAN, Jakarta, 1994