

Harga dan Tarif Listrik PLTN di Dunia
(Mochamad Nasrullah, Sriyana)

HARGA DAN TARIF LISTRIK PLTN DI DUNIA

Mochamad Nasrullah, Sriyana

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) BATAN
Jl. Abdul Rohim Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710
Telp./Faks. (021)5204243, Email: yana@batan.go.id

Masuk: 10 Februari 2010

Direvisi: 4 April 2010

Diterima: 20 April 2010

ABSTRAK

HARGA DAN TARIF LISTRIK PLTN DI DUNIA. Pembangunan PLTN masih menjadi isu kontroversi. Kalangan industri nuklir dan pihak-pihak yang pro nuklir berusaha menyajikan perhitungan biaya listrik PLTN yang optimistik. Sementara kalangan industri pembangkitan dan pihak-pihak yang anti nuklir menyajikan perhitungan biaya listrik PLTN pesimistik. Untuk itu penelitian biaya pembangkit listrik berbahan bakar nuklir perlu disajikan secara ilmiah apa adanya agar kontroversi dapat dikurangi. Penelitian menggunakan data capital cost untuk EPC (Engineering Procurement Construction) PLTN berasal dari benua Asia, Amerika dan Eropa, biaya operasional dan perawatan menggunakan data pengalaman PLN, dan biaya bahan bakar nuklir menggunakan data tahun 2008 dengan skenario harga tertinggi, terendah dan rata-rata. Metodologi yang digunakan adalah membandingkan biaya pembangkit listrik dengan menggunakan program LEGECOST yang dikeluarkan oleh IAEA (International Atomic Energy Agency), sedangkan perhitungan harga tarif listrik menggunakan program yang dibuat oleh PLN Litbang. Dengan menggunakan discount rate 10%, hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga keekonomian PLTN termurah kurang dari 3,7 cents US\$/kWh (China) dan harga tarif listrik termurah rata-rata 5,5 cents US\$/kWh (Korea Selatan). Sedangkan di negara-negara Eropa, sedikit lebih mahal dari harga tarif listrik PLTN di Asia. Biaya pembangkitan dan harga tarif listrik PLTN di Amerika Serikat kurang kompetitif karena biaya investasinya relatif mahal. Perbedaan biaya pembangkitan dan harga tarif listrik di masing-masing negara disebabkan perbedaan gaji dan upah tenaga kerja, pengaruh kenaikan bahan material, struktur spesifikasi konstruksi yang dibuat, peraturan yang terkait dengan PLTN dan masalah lingkungan.
Kata kunci : biaya pembangkitan listrik, harga tarif listrik, PLTN

ABSTRAK

NPP ELECTRICAL PRICE AND TARIFF IN THE WORLD. Construction of a Nuclear Power Plant (NPP) is always become a controversial issue. Nuclear utility and other party which support the NPP present a calculation of NPP electricity cost too optimistic. However for utility and other party that contra to nuclear present a calculation of NPP electricity cost too pessimistic. This study present to reduce the controversy of nuclear cost. In this study, capital cost (Engineering Procurement Construction, EPC) was taken from Asian, America and Europe, operating and maintenance cost uses experience data of PLN, and nuclear fuel cost uses data year of 2008 with high price, low price and average price scenario. The methodological tools used to compare electricity generation cost was LEGECOST, a program developed by IAEA (International Atomic Energy Agency), while for electricity tariff-price calculation using a program developed by PLN research and development center. With the discount rate 10%, the result shows that the cheapest electricity generation cost of NPP is less than 40 mills/kWh, and average electricity tariff was 55 mills/kWh. In the Europe countries the electricity tariff more expensive than NPP in Asia. However generating cost and electricity tariff of NPP in United States of America (USA) less competitive because investment cost more expensive. Generating cost and electricity tariff was different at each country depend on salary, labor wage, materials price, construction specification, regulation related to NPP and environment aspect.

Keyword: electricity generating cost, electricity tariff, Nuclear Power Plant

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perhitungan keekonomian PLTN sering menjadi bahan diskusi kontroversi di Indonesia. Kalangan industri nuklir dan pihak lain yang pro nuklir sering menyajikan perhitungan biaya listrik PLTN yang dinilai terlampau optimistik. Sementara kalangan industri pembangkitan non nuklir dan pihak anti nuklir selalu menyajikan perhitungan biaya listrik PLTN yang terlampau pesimistik.

Berulangnya krisis harga minyak mewacanakan pembangunan PLTN sebagai salah satu solusinya. Ketika harga minyak naik mencapai nilai 147 US\$/barel maka wacana pembangunan PLTN muncul kembali.

Asumsi dan data yang digunakan pembangkit listrik secara obyektif perlu dijelaskan secara menyeluruh baik parameter teknis maupun ekonomis, sehingga hasil perhitungan obyektif. Obyektivitas ini merupakan aspek penting yang sangat diperlukan untuk memandang masalah dengan jernih apakah PLTN perlu dibangun atau tidak. Permasalahan lain adalah kurangnya minat investor dalam menanamkan modal di Indonesia, khususnya di sektor kelistrikan. Hal ini disebabkan oleh faktor atmosfir bisnis kelistrikan yang tidak menarik dan tidak adanya kepastian hukum. Untuk menarik investor dalam menanamkan modal di sektor kelistrikan, perlu disediakan informasi awal tentang biaya pembangkit listrik tersebut termasuk kelayakan secara komersial.

Perhitungan ekonomi dan pendanaan diperlukan untuk mengetahui biaya listrik PLTN dan harga tarif listrik (*levelized tariff*). Model perhitungan yang digunakan dalam menghitung keekonomian pembangkit listrik adalah model yang dikeluarkan oleh IAEA (*International Atomic Energy Agency*) dalam bentuk *spreadsheet* yaitu LEGECOST (*Levelized Generation Cost*). Sedangkan untuk menghitung harga tarif listrik (*levelized tariff*) menggunakan model perhitungan yang dipergunakan oleh Litbang PLN. Model yang dikeluarkan oleh Litbang PLN ini digunakan untuk menghitung biaya investasi, biaya bahan bakar, operasional dan perawatan, serta melihat porsi pinjaman baik lokal maupun asing serta tingkat suku bunga (*interest rate*) yang telah mempertimbangkan *country risk*.

Pada tulisan ini akan disajikan perhitungan perbandingan ekonomi PLTN untuk negara yang memiliki PLTN di Eropa, Amerika dan Asia.

1.2. Lingkup Studi dan Asumsi

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan data terbaru tahun 2008. Studi biaya PLTN yang dikaji berjumlah 12 kasus dari negara-negara seperti: Finlandia, Perancis, Bulgaria, Inggris, Rusia, Amerika Serikat, China dan Korea Selatan. Komponen biaya bahan bakar (*front-end costs*) menggunakan data harga bulanan tahun 2008, dari nilai terendah, nilai rata-rata dan nilai tertinggi, sedangkan komponen biaya penanganan bahan bakar bekas (*back-end cost*) dimasukkan ke dalam biaya tetap operasi dan perawatan. Sementara itu upah tenaga kerja yang ada di Eropa dan Amerika Serikat diasumsikan lebih besar tiga kali dibanding negara Asia. Biaya tenaga kerja di Asia diasumsikan diambil dari data Indonesia berdasarkan standar gaji PT. PLN (Persero) dan belum memasukkan perhitungan tunjangan khusus yang berlaku untuk pekerjaan di lingkungan radiasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Studi ini bertujuan untuk memperkirakan dan membandingkan biaya PLTN dan harga tarif listrik beberapa negara di dunia, dengan mempertimbangkan parameter teknis dan ekonomis yang diambil dari berbagai data sekunder.

1.4. Metode Penelitian

Harga listrik dihitung dengan menerapkan perhitungan harga listrik teraras hingga busbar cost dimana biaya transmisi tidak termasuk dalam perhitungan ini. Pada beberapa literatur harga listrik teraras ini juga disebut sebagai *Levelized Cost Of Electricity* (LCOE). Harga listrik teraras adalah biaya rata-rata teraras (*levelized*), yaitu biaya yang diperlukan (dalam mata uang tetap) per kWh yang memperhitungkan semua komponen biaya, meliputi biaya kapital, biaya operasi dan biaya bahan bakar. Untuk PLTN, selain biaya-biaya tersebut harus ditambah dengan biaya pengelolaan limbah dan dekomisioning. Perhitungan listrik teraras ini tidak mempertimbangkan faktor sosial politik, dimana faktor ini sering kali dapat mempengaruhi biaya pembangkitan.

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan parameter teknis dan ekonomi dari PLTN untuk dijadikan dasar perhitungan.
2. Menentukan komponen biaya pembangkit listrik seperti biaya investasi, biaya bahan bakar dan biaya operasional dan perawatan dari PLTN.
3. Menghitung biaya pembangkit listrik dari data masukan dengan menggunakan LEGECOST
4. Menganalisis hasil perhitungan keekonomian PLTN
5. Menghitung *levelized tariff* atau harga PPA (*Purchasing Power Agreement*)
6. Menganalisis kelayakan secara komersial atau finansial PLTN.

2. DASAR PERHITUNGAN

2.1. Biaya Pembangkitan PLTN

Jika suatu instalasi pembangkit menghasilkan listrik E_t (kWh) pada tahun t , ongkos listrik rata-rata pada tahun t , yang dinotasikan B dalam mills/kWh, adalah

$$B = \frac{1000 \times C_t}{E_t} \quad (1)$$

dengan C_t (\$) adalah ongkos yang dikeluarkan untuk biaya operasi, bahan bakar dan biaya pengembalian modal untuk tahun t .

Jika harga listrik seragam untuk tiap tahunnya (B , mills/kWh) selama masa hidup pembangkit (N tahun), maka nilai kini dari pendapatan (revenue) dari penjualan listrik, Rv' , adalah:

$$Rv' = \sum_{t=1}^N \frac{B \times E_t}{1000(1 + d_i)^t} \quad (2)$$

dengan d_i adalah besaran *discount rate*. Rv' akan sama dengan jumlah nilai kini ongkos yang dikeluarkan untuk operasi C_t' .

Dan rumus biaya atau harga listrik teraras B' (mills US\$/kWh) dapat disajikan dengan rumus berikut:

$$B' = \left[\frac{\sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1 + d_i)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{E_t}{(1 + d_i)^t}} \right] \quad (3)$$

2.2. Perhitungan Tarif Listrik Teraras (*Levelized Tariff*)

Untuk menghitung tarif listrik digunakan model finansial berbasis *spread-sheet*. Dalam model tersebut terdapat beberapa lembar kerja (*worksheet*) untuk menghitung dan menyajikan berbagai parameter teknis dan ekonomi antara lain : *balance sheet, summary, production, IDC, investment disbursement, O&M cost, fuel cost*.

Persamaan untuk menghitung tarif listrik teraras adalah:

$$\text{Levelized tariff} = \frac{\text{TotalbiayadalamNetPresentValue(NPV)}}{\text{TotalbiayadalamNPVenergiyangdijual}} \quad (4)$$

Model finansial yang digunakan menggambarkan aliran kas pendapatan (*revenues*) dan pengeluaran semua biaya-biaya (*capital cost, fixed O&M cost, fuel cost dan variable O&M costs*) sejak masa konstruksi hingga akhir umur PLTN. Pendapatan proyek diperoleh dari penjualan tenaga listrik bersih (*netto*) yang dihasilkan oleh PLTN, yang dihitung dari produksi listrik tahunan dikalikan dengan harga jual (dalam *spreadsheet* disebut "*tariff*").

Dalam lembar kerja (*worksheet*) "*Production*" dijelaskan bahwa harga jual terdiri atas empat komponen, yaitu:

- a. Komponen A: adalah komponen biaya kapital.
- b. Komponen B: adalah biaya *fixed O&M*
- c. Komponen C: adalah biaya bahan bakar
- d. Komponen D: adalah biaya *variable O&M*

Dalam studi ini diasumsikan bahwa komponen B, C, D sepenuhnya di "*passed through*" ke dalam harga jual, tanpa mengambil keuntungan (*margin*), sedangkan komponen A dihitung untuk mencakup pengembalian seluruh biaya kapital (cicilan pokok dan termasuk IDC dan bunga pinjaman) ditambah dengan suatu keuntungan yang diinginkan. Dalam *worksheet "Summary"*, nilai '*levelized tariff*' dapat diset untuk mendapatkan suatu *discount factor* yang diinginkan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan fungsi '*goal seeking*' dari *spreadsheet* (sel *levelised tarif* diset pada angka tertentu, selanjutnya sel *Discount Factor Expected* akan dihitung oleh *spreadsheet* secara otomatis). Jika komputasi berhasil konvergen, maka harga komponen A juga akan diperoleh. Margin yang diperoleh dari komponen dicerminkan oleh selisih antara *DF Expected* dan *weighted average cost of capital (WACC)*.

2.3. Perhitungan Kelayakan Finansial dari Proyek

Perhitungan kelayakan finansial dari proyek dapat diketahui dari parameter:

- a. *Internal rate of return (IRR)* yang dibandingkan dengan *weight average cost of capital (WACC)*. Apabila IRR lebih besar dari WACC maka proyek layak
- b. *Benefit cost ratio (B/C)*. Apabila nilai B/C lebih besar dari 1 maka proyek layak
- c. *Net present value (NPV)*. Apabila NPV lebih besar dari 0 maka proyek layak
- d. *Pay back periode (PB)* adalah tingkat pengembalian investasi tanpa memperhitungkan nilai waktu uang

3. KOMPONEN BIAYA PLTN

3.1. Biaya Investasi

Biaya investasi PLTN biasanya disebut biaya sesaat (*overnight cost*), yaitu biaya yang belum memasukkan tingkat suku bunga selama konstruksi atau *Interest During Construction (IDC)*. Biaya ini terdiri dari biaya EPC (*Engineering Procurement Construction*), biaya pengembangan (*development costs*) dan biaya lain-lain (*other costs*) serta biaya *contingency*. Komposisi biaya kapital untuk EPC terdiri atas biaya *nuclear island, conventional island,*

balance of plant, construction dan erection work, design dan engineering. Lingkup pekerjaan biaya modal dapat dirinci seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian Biaya Overnight Costs ^[2].

No	UNSUR BIAYA	LINGKUP PEKERJAAN
1.	<i>Procurement</i>	<i>Nuclear Steam Supply (NSS)</i> termasuk: <i>system design</i> , <i>Turbine Generator</i> , dan <i>BOP</i> , tidak termasuk <i>Ocean freight</i> dan <i>Freight Insurance</i>
2.	<i>Construction dan Erection Work</i>	Pekerja konstruksi untuk sipil dan <i>structural</i> , arsitektur, dan instalasi, semua peralatan kelistrikan dan peralatan mesin. <i>Commissioning</i> dan <i>start up</i> dan <i>testing</i> (termasuk lokasi material dengan biaya, <i>consumable</i> , peralatan konstruksi dan perlengkapan dan lainnya)
3.	<i>Engineering</i>	<i>Design</i> dan <i>Engineering</i> termasuk. sipil, arsitektur, <i>plant layout</i> , <i>piping</i> , <i>race way layout</i>
4.	Biaya Pengembangan	<i>Mobilization</i> , akuisisi tanah, <i>professional fee</i> dan lainnya
5.	Biaya Lain-lain	<i>O&M mobilization & training</i> , <i>fee</i> (sertifikasi, konsultan owner), <i>contingency start up</i>
Total		Didefinisikan sebagai biaya sesaat (<i>overnight cost</i>)

Biaya investasi yang dihitung disesuaikan dengan *disbursement* selama masa konstruksi, dan data tersebut diambil dari data terbaru tahun 2008, yang meliputi tiga benua, yaitu Asia, Eropa, dan Amerika. Studi biaya PLTN yang dikaji berjumlah 12 kasus. Secara rinci ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Investasi Sesaat dari Berbagai Studi Kasus PLTN ^[3]

No	Nama Studi Kasus	Jumlah Unit	Unit Kapasitas (MWe)	Biaya Sesaat US\$/kWe
1	Studi Tarjanne (Finlandia)	1	1250	2536
2	EdF <i>Flamanville</i> (Perancis)	1	1655	2900
3	AEO <i>Novovoronezh</i>	2	2136	2340
4	NEK <i>Belene</i> (Bulgaria)	2	1000	3050
5	United Kingdom (Inggris)	2	1000	2400
6	Studi Harding (USA)	1	1000	3296
7	Studi Keystone (USA)	1	1000	3038
8	Bruce Power Alberta (USA)	2	1100	2800
9	FPL Turkey Point (USA)	2	1100	3582
10	Studi OPR 1000 (Korea Selatan)	2	1050	1427
11	CGNPC Hongyanhe (China)	4	1080	1530
12	KHNP Shin Kori APR (Korea Selatan)	2	1350	1850

Pembangunan PLTN memerlukan dana yang cukup besar sehingga biasanya pemilik modal (owner) tidak cukup dana untuk membiayai pembangunan PLTN tersebut. Owner biasanya meminjam dana dari lembaga keuangan internasional, dengan demikian ada konsekuensi biaya berupa interest during construction (IDC). Biaya sesaat apabila

ditambahkan dengan IDC disebut juga dengan biaya investasi. Secara rinci biaya investasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya Investasi dari Berbagai Studi Kasus PLTN ^[3]

No	Studi Kasus	Biaya Sesaat (US\$/kWe)	Biaya Investasi Termasuk IDC (US\$/kWe)
1	Studi Tarjanne (Finlandia)	2536	3218
2	EdF Flamanville (Perancis)	2900	3680
3	AEO Novovronezh	2340	2969
4	NEK Belene (Bulgaria)	3050	3871
5	UK (Inggris)	2400	3046
6	Studi Harding (USA)	3296	4183
7	Studi Keystone (USA)	3038	3855
8	Bruce Power Alberta (USA)	2800	3553
9	FPL Turkey Point (USA)	3582	4545
10	Studi OPR 1000 (Korea Selatan)	1427	1810
11	CGNPC Hongyanhe (China)	1530	1942
12	KHNP Shin Kori APR (Korea Selatan)	1850	2348

3.2. Biaya Operasi dan Perawatan

Biaya operasi dan perawatan (O&M Cost) merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan operasi rutin PLTN. Biaya operasi dan perawatan besarnya bergantung pada teknologi dan kapasitas daya yang terpasang. Biaya operasi dan perawatan dibedakan menjadi dua, yaitu biaya tidak tetap operasi dan perawatan dan biaya tetap operasi dan perawatan.

3.2.1. Biaya Tetap Operasi dan Perawatan

Biaya tetap operasi dan perawatan merupakan biaya operasional rutin yang antara lain meliputi biaya pegawai, *property tax*, *plant insurance*, dan *life-cycle maintenance*. Rincian biaya tetap operasi dan perawatan di beberapa negara Eropa, seperti Finlandia, Perancis, Rusia, Bulgaria dan Inggris dapat diasumsikan untuk upah tenaga kerja yang ada di Eropa lebih besar tiga kali dibanding negara Asia. Biaya tenaga kerja di Asia diasumsikan diambil dari data Indonesia berdasarkan standar gaji PT PLN (Persero).

3.2.2. Biaya Variabel Operasi dan Perawatan (Variable O&M cost)

Biaya variabel operasi dan Perawatan terdiri dari biaya-biaya untuk Perawatan langsung unit pembangkit, Perawatan gedung pembangkit, dan Perawatan oleh *outsourcing*. Besarnya biaya variabel O&M diadopsi dari sebuah studi yang dilakukan oleh *Departement of Energy* Amerika Serikat pada tahun 2004, yaitu sebesar US\$ 15.000.000 untuk 1 unit AP-1000 atau sebesar US\$ 14.286/kWe^[13]. Diperkirakan tahun 2008 besarnya biaya variabel operasi dan Perawatan rata-rata sebesar US\$ 35.453.528 per tahun.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis Harga Listrik PLTN

Hasil perhitungan harga listrik dari beberapa studi kasus yang ada menunjukkan bahwa biaya pembangkitan listrik yang termurah di negara-negara Eropa adalah PLTN 2 unit (2136 Mwe) AEO Novovronezh dari Rusia, dan termahal adalah PLTN 2 unit (1000 Mwe) NEK Belene dari Bulgaria. Sedangkan di Amerika Serikat PLTN Bruce Power Alberta 2 unit (1100 Mwe) yang termurah dibandingkan yang lainnya. Untuk hasil perhitungan ekonomi dari beberapa studi kasus yang ada di beberapa negara Asia, seperti Korea Selatan

dan China menunjukkan bahwa biaya pembangkitan listrik yang termurah dari skenario harga bakar terendah, rata-rata dan tertinggi adalah CGNPC Hongyanhe dari China, kemudian OPR 1000 dari Korea Selatan dan termahal APR 1400 dari Korea Selatan. Secara rinci ditunjukkan pada Tabel 4.

Bagian paling besar biaya pembangkitan listrik PLTN adalah biaya investasi bila dibandingkan biaya-biaya lainnya. Persentase biaya investasi dalam biaya pembangkitan di Eropa adalah antara 62% sampai 73%, di Amerika Serikat antara 64% sampai 75%, dan di negara-negara Asia antara 61% sampai 69%. Sedangkan persentase biaya operasi dan perawatan adalah antara 16% sampai 30% di Eropa, 17% sampai 29% di Amerika Serikat dan 16% sampai 23% di Asia. Kontribusi yang paling kecil berasal dari biaya bahan bakar yaitu antara 8% sampai 11% di Eropa, antara 7% sampai 9% di Amerika Serikat dan antara 13% sampai 16% di Asia.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan menggunakan *discount rate* 10%, harga keekonomian PLTN termurah kurang dari 40 mills/kWh dan harga tarif listrik termurah rata-rata 55 mills/kWh. Dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa di negara-negara Eropa dan Amerika Serikat biaya pembangkitan listrik cenderung mempunyai nilai yang relatif sama, sedangkan di negara-negara Asia menunjukkan bahwa biaya pembangkitan listrik yang lebih murah. Perbedaan ini disebabkan biaya operasi dan perawatan terutama gaji dan upah tenaga kerja di Asia yang diasumsikan lebih murah dibandingkan negara-negara Eropa dan Amerika Serikat. Untuk perhitungan biaya bahan bakar menunjukkan hasil yang relatif sama antara negara-negara Eropa, Amerika Serikat dan Asia. Hal ini disebabkan bahan bakar uranium cenderung mengikuti mekanisme harga pasar. Biaya investasi di negara-negara Eropa dan Amerika Serikat lebih tinggi dibandingkan biaya investasi di negara-negara Asia. Hal ini disebabkan pengaruh kenaikan bahan material untuk pembangkit listrik, di samping itu struktur konstruksi yang dibuat di negara-negara Eropa dan Amerika Serikat dibandingkan dengan negara-negara Asia berbeda spesifikasinya meskipun masih memenuhi standar internasional. Juga peraturan-peraturan yang terkait dengan PLTN dan masalah lingkungan di negara-negara Eropa dan Amerika Serikat cenderung lebih ketat dibandingkan di negara-negara Asia, sehingga akan mempengaruhi perbedaan biaya investasinya. Hasil perhitungan secara rinci ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5 (Lampiran).

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis pembahasan dapat disimpulkan:

1. Biaya pembangkitan listrik yang termurah di negara Eropa adalah PLTN 2 unit AEO Novovronezh dari Rusia, dan termahal adalah PLTN 2 unit 1000 MWe NEK Belene dari Bulgaria. Sedangkan di negara Amerika Serikat biaya pembangkitan listrik termurah adalah PLTN Bruce Power Alberta, dari Amerika Serikat dan termahal adalah PLTN studi Harding dan untuk di Asia biaya pembangkitan listrik termurah CGNPC Hongyanhe dari China, kemudian Studi OPR 1000 dari Korea Selatan dan termahal APR 1400 dari Korea Selatan.
2. Komponen paling besar dari biaya pembangkitan listrik PLTN adalah biaya investasi. Persentase biaya investasi di Eropa antara 62% sampai 73%, di Amerika Serikat antara 64% sampai 75% dan di negara-negara Asia antara 61% sampai 69%. Biaya operasi dan perawatan yang mempunyai nilai antara 16% sampai 30% di Eropa, 17% sampai 29% di Amerika Serikat dan 16% sampai 23% di Asia. Biaya bahan bakar yang mempunyai nilai antara 8% sampai 11% di Eropa, antara 7% sampai 9% di Amerika Serikat dan antara 13% sampai 16% di Asia.

3. Biaya pembangkitan listrik di negara-negara Eropa sedikit lebih mahal dari harga listrik PLTN di Asia. Sedangkan PLTN di Amerika Serikat kurang kompetitif karena biaya investasinya sangat mahal. Perbedaan ini disebabkan terutama gaji dan upah tenaga kerja, pengaruh kenaikan bahan material untuk pembangkitan listrik, struktur spesifikasi konstruksi yang dibuat, *nuclear safety*, peraturan yang terkait dengan PLTN dan masalah lingkungan.
4. Di beberapa negara IRR 10% biasanya sudah dapat dianggap layak untuk perusahaan, jika IRR diturunkan menjadi 10%, maka harga tarif PLTN termurah dan layak secara finansial adalah 4,7 cents\$/kWh untuk CGNPC dari China, 4,58 cents US\$/kWh untuk OPR dari Korea Selatan dan 5,44 cents US\$/kWh untuk APR dari Korea Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero) Litbang., *Studi Ekonomi, Pendanaan dan Struktur Owner dalam rangka rencana persiapan pembangunan PLTN pertama di Indonesia*, Jakarta, 2006
- [2] E-mail : ieemki@khnp.co.kr, dari Deputy General Manager, Overseas Project Departement (Lee Myung Key) ke BATAN, 25 Januari 2006
- [3] World Nuclear Association, *The Economics of Nuclear Power*, Vienna August 2008
- [4] IAEA, TECHNICAL REPORTS SERIES No. 425, Vienna 2005
- [5] NEA, *The Economics of the Nuclear Fuel Cycle*, 1994
- [6] NUEXCO., *Monthly Uranium Spot*, <http://www.uranium.info>, 2008
- [7] PT. Purna Bina Indonesia (PBI) Bechtel, *Financing Study for First Indonesia Nuclear Power Plant Project, Final Report- March 1997*
- [8] Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation, *Study of Construction Technologies and Schedules, O&M Staffing and Cost, Decommissioning Costs and Funding Requirements for Advanced Reactor Designs*, May 27, 2004
- [9] BATAN dan KHNP, *Joint Study on the Introduction of the First Nuclear Power Plant in Indonesia*, Jakarta, 2004.
- [10] World Nuclear Organisation, *Overall costs of radioactive waste management, including decommissioning*, Vienna, 2003
- [11] Departement of Economics, University of Chicago, *The Economic Future of Nuclear Power*, Chicago, Agustus 2004
- [12] US-NRC, *Report on Waste Burial Charges*, November 2008
- [13] US DOE, *Study of Construction Technologies and Schedules, O&M Staffing and Cost, Decommissioning Costs and Funding Requirements for Advanced Reactor Designs*, (Volume 1), prepared by Dominion Energy Inc, Bechtel Power Corp, May 2004

Tabel 4. Biaya Pembangkitan Listrik untuk Negara-negara Eropa, Amerika Serikat, Asia (*mills/kWh*).

Keterangan	Finlandia	Perancis	Rusia	Bulgaria	Ingggris	Harding USA	Keystones USA	BPA USA	FPL Turkey USA	Korea Selatan OPR	China	Korea Selatan APR
Biaya Investasi												
Harga Terendah	42,14	48,20	38,88	50,68	39,88	54,77	50,48	46,53	59,52	23,71	25,43	30,74
Harga Rata-rata	42,14	48,20	38,88	50,68	39,88	54,77	50,48	46,53	59,52	23,71	25,43	30,74
Harga Tertinggi	42,14	48,20	38,88	50,68	39,88	54,77	50,48	46,53	59,52	23,71	25,43	30,74
Biaya Operasi dan Perawatan												
Harga Terendah	20,38	16,42	8,36	14,35	13,94	24,89	20,53	13,26	13,72	8,99	6,00	7,94
Harga Rata-rata	20,38	16,42	8,36	14,35	13,94	24,89	20,53	13,26	13,72	8,99	6,00	7,94
Harga Tertinggi	20,38	16,42	8,36	14,35	13,94	24,89	20,53	13,26	13,72	8,99	6,00	7,94
Biaya Bahan Bakar												
Harga Terendah	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
Harga Rata-rata	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92
Harga Tertinggi	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Biaya Pembangkitan Listrik												
Harga Terendah	67,49	69,59	52,21	70,00	58,79	84,63	75,99	64,76	78,21	37,67	36,39	43,65
Harga Rata-rata	68,44	70,53	53,16	70,95	59,74	85,58	76,93	65,70	79,16	38,62	37,34	44,60
Harga Tertinggi	69,77	71,87	54,49	72,28	61,07	86,91	78,27	67,03	80,49	39,95	38,67	45,93

Lampiran 2

Tabel 5. Analisis Finansial Pembangkitan Listrik di Eropa, Amerika Serikat dan Asia dengan *Discount Rate*

Keterangan	Finladia	Perancis	Rusia	Bulgaria	Inggris	H-USA	K-USA	B-USA	FPL-USA	O-Korsel	China	A-Korsel
IRR Project												
Harga Terendah	11,90%	11,87%	11,87%	11,87%	11,87%	11,87%	11,88%	11,87%	11,85%	11,89%	11,87%	11,87%
Harga Rata-rata	11,90%	11,87%	11,87%	11,87%	11,87%	11,87%	11,88%	11,87%	11,86%	11,90%	11,87%	11,87%
Harga Tertinggi	11,89%	11,87%	11,87%	11,87%	11,87%	11,87%	11,89%	11,87%	11,85%	11,90%	11,87%	11,87%
WACC												
Harga Terendah	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%
Harga Rata-rata	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%
Harga Tertinggi	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%	8,25%
NPV (Juta US\$)												
Harga Terendah	1.183	1.775	3.697	2.256	1.775	1.219	1.127	2.278	2.898	1.114	2.445	1.847
Harga Rata-rata	1.183	1.775	3.697	2.256	1.775	1.219	1.128	2.278	2.901	1.117	2.444	1.847
Harga Tertinggi	1.181	1.775	3.696	2.256	1.775	1.219	1.129	2.278	2.896	1.119	2.445	1.847
BCR												
Harga Terendah	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Harga Rata-rata	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,60	1,61	1,61	1,61
Harga Tertinggi	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Payback Periode (tahun: bulan)												
Harga Terendah	6: 10,4	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,6	6: 10,7	6: 10,8	6: 10,5	6: 10,7	6: 10,7
Harga Rata-rata	6: 10,4	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,6	6: 10,7	6: 10,8	6: 10,5	6: 10,7	6: 10,7
Harga Tertinggi	6: 10,4	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,7	6: 10,6	6: 10,7	6: 10,8	6: 10,5	6: 10,7	6: 10,7
Average Debt Services Coverage Ratio												
Harga Terendah	4,36	4,37	4,37	4,38	4,36	4,36	4,36	4,37	4,38	4,34	4,35	4,36
Harga Rata-rata	4,36	4,37	4,37	4,38	4,36	4,36	4,36	4,37	4,38	4,35	4,35	4,36
Harga Tertinggi	4,36	4,37	4,37	4,38	4,36	4,36	4,36	4,37	4,38	4,35	4,35	4,36
Levelized Tariff (cents US\$/kWh)												
Harga Terendah	10,28	10,59	7,95	10,66	8,94	12,87	12,20	9,86	11,90	5,49	5,42	6,45
Harga Rata-rata	10,34	10,65	8,01	10,72	8,99	13,00	12,26	9,92	11,96	5,55	5,47	6,51
Harga Tertinggi	10,41	10,72	8,08	10,79	9,08	13,00	12,34	9,99	12,03	5,63	5,55	6,59

