



## KAJIAN PENGARUH BIAYA DAUR BAHAN BAKAR TERHADAP BIAYA PEMBANGKIT LISTRIK

Djati Hoesen Salimy  
Pusat Pengkajian Teknologi Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

**KAJIAN PENGARUH BIAYA DAUR BAHAN BAKAR TERHADAP BIAYA PEMBANGKIT LISTRIK.** Kontribusi harga daur bahan bakar nuklir terhadap total biaya pembangkit PLTN relatif kecil, yaitu sekitar 15-30%, dibanding pada PLTU berbahan bakar batubara (40-60%) dan PLTU berbahan bakar minyak bumi (70-80%). Kontribusi harga bahan daur bakar nuklir yang kecil ini akan memberi dampak bahwa biaya pembangkit listrik nuklir lebih stabil terhadap fluktuasi harga bahan bakar di masa yang akan datang. Dari studi ini terlihat bahwa dengan asumsi telah terjadi kenaikan harga uranium alam sebesar 100%, kenaikan harga daur bahan bakar nuklir akan sebesar 27%. Sedang kontribusi harga uranium alam terhadap total harga daur bahan bakar nuklir adalah sekitar 29%. Karena kontribusi harga daur bahan bakar nuklir terhadap total biaya pembangkit listrik relatif kecil (15-30%), kenaikan harga uranium alam sebesar 100% tersebut hanya akan mengakibatkan kenaikan biaya pembangkitan listrik sekitar 4-8%. Pada pembangkit listrik berbahan bakar fosil, asumsi kenaikan harga bahan bakar sebesar 100% akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkitan listrik sebesar 40-65% untuk PLTU batubara, dan sebesar 70-80% untuk PLTU minyak bumi. Pada studi ini juga dipelajari aspek ekonomi biaya pembangkitan listrik pada PLTN dan PLTU batubara. Pada PLTN, faktor yang paling berpengaruh adalah biaya investasi, sedang pada PLTU berbahan bakar fosil, biaya/harga bahan bakar merupakan faktor yang paling berpengaruh.

### ABSTRACT

**STUDY OF THE FUEL CYCLE EFFECTS TO THE ELECTRICITY GENERATING COST.** *The nuclear fuel cycle cost contributes relatively small fraction to the total nuclear power generation cost, i.e. about 15 to 30%, compared to the fuel cost in the coal-generated electricity (40-60%), or in the oil-generated electricity (70-80%). This situation will give effect that the future generation cost is much less sensitive to the changes in the fuel prices than in the case of fossil fuel power plants. The study has shown that by assuming a 100% increase in the natural uranium price, the total nuclear fuel cycle cost would increase only by about 27% and in turn it contributes about 29% increase to the total nuclear fuel cycle cost. As a result, it contributes only 4 to 8% increase in the nuclear energy generation cost. As a comparison, if the same situation should occur to fossil fuel plants, the assumed fuel price increase would have increased the electricity generating cost by about 40-65% for coal-fired plants, and about 70-85% for oil-fired plants. This study also has assessed the economic aspects of the electricity generating cost for nuclear power plant (NPP) and the coal power plant. For an NPP the most affecting factor is the investment cost, while for the coal power plant, the major factor influencing the total cost is the price/cost of the fuel.*

### PENDAHULUAN

Energi nuklir merupakan sumber pembangkit listrik yang menarik. Ditinjau dari segi proteksi lingkungan, stasiun PLTN tidak menghasilkan gas-gas buang seperti SO<sub>2</sub>, maupun NO<sub>x</sub> yang bisa menimbulkan efek hujan asam, maupun gas-gas rumah kaca seperti CO, CO<sub>2</sub>, maupun CH<sub>4</sub> yang bisa menyumbang efek pemanasan global seperti pada stasiun listrik berbahan bakar minyak, gas alam, maupun batubara.

Di samping itu, karena adanya potensi bahaya radiasi pada PLTN, maka PLTN harus didisain, dibangun dan dioperasikan sesuai

dengan persyaratan standar yang lebih ketat dibanding pembangkit listrik konvensional. Hal ini mengakibatkan PLTN memiliki ciri padat modal dan padat teknologi serta yang paling penting adalah ketat akan syarat keamanan dan keselamatan. Bagi negara berkembang seperti Indonesia, pembangunan PLTN diharapkan akan dapat memacu perkembangan industri lokal pada umumnya karena berbagai macam industri yang sudah ada dapat terlibat pada pembangunan PLTN.

Dari segi ekonomi, pengalaman pengoperasian PLTN di negara-negara industri maju (misalnya: Jepang) membuktikan bahwa biaya pembangkit listrik PLTN masih lebih

murah, atau paling tidak cukup kompetitif. Sebagai ilustrasi disajikan pada Tabel 1, yang merupakan perbandingan biaya pembangkit listrik dari berbagai jenis stasiun pembangkit listrik di Jepang. Disamping itu, kontribusi harga daur bahan bakar nuklir terhadap total biaya pembangkit listrik PLTN relatif sangat kecil dibanding pada stasiun listrik berbahan bakar batubara maupun minyak bumi. Hal ini merupakan suatu fenomena ekonomi yang menarik, karena dengan kontribusi harga daur bahan bakar yang kecil tersebut, jika terjadi gejolak perubahan harga daur bahan bakar nuklir (atau komponennya) di masa yang akan datang, akan kurang berpengaruh terhadap total biaya pembangkit listrik PLTN.

Dalam makalah ini, akan dipelajari pengaruh biaya/harga daur bahan bakar terhadap biaya pembangkit listrik pada PLTN dan PLTU berbahan bakar fosil. Tinjauan, yang didasarkan pada studi pustaka, dititik beratkan pada efek perubahan harga (komponen harga) daur bahan bakar terhadap total biaya pembangkit listrik. Juga ditinjau beberapa aspek ekonomi yang paling berpengaruh pada pembangkitan listrik PLTN.

## DAUR BAHAN BAKAR DAN BIAYA PEMBANGKIT LISTRIK

### 1. Daur Bahan Bakar

Pada stasiun pembangkit listrik (fosil dan fisil), daur bahan bakar memainkan peran yang sangat penting karena merupakan bahan yang mampu menghasilkan panas untuk dikonversi menjadi listrik. Daur bahan bakar adalah suatu proses penyiapan bahan bakar yang dimulai dari proses penambangan, penyiapan bahan sampai diumpungkan ke reaktor (sistem pembakar), sampai pengelolaan setelah habis masa pakainya di sistem pembakaran. Pada Gambar 1 disajikan skema daur bahan bakar fosil secara umum, sedang pada Gambar 2 disajikan skema daur bahan bakar nuklir pada suatu sistem PLTN.

Kebutuhan bahan bakar suatu pembangkit listrik ditentukan oleh tingkat nilai bakar dari bahan bakar yang dipakai. Semakin tinggi nilai bakarnya, semakin kecil jumlah bahan bakar yang dibutuhkan. Ditinjau dari sisi sumber daya energi, PLTN merupakan pembangkit listrik yang mengkonsumsi bahan bakar paling sedikit dibanding PLTU berbahan bakar fosil. Sebagai gambaran 1 kg uranium alam (bahan bakar nuklir) mampu menghasilkan listrik sejumlah 50.000 kWh,

sementara 1 kg bahan bakar batubara dan minyak bumi masing-masing hanya mampu menghasilkan listrik sebesar 3 kWh dan 4 kWh. Kenyataan ini mengakibatkan kebutuhan bahan bakar per tahunnya pada PLTN sangat sedikit dibanding pada sistem pembangkit listrik termal. Sebagai contoh, PLTN berpendingin air ringan bertekanan (PWR) berdaya 1000 MW(e) yang beroperasi dengan faktor kapasitas 75%, hanya membutuhkan uranium dengan tingkat pengayaan rendah (4-5%) sebesar 20 ton per tahun. Kebutuhan ini bisa dipasok dengan melakukan penambangan uranium alam sebanyak 150 ton/tahun, yang bisa diangkut dengan hanya beberapa truk saja. Sebagai perbandingan, pembangkit listrik batubara berdaya sama membutuhkan bahan bakar sebesar 2,4 juta ton per tahun, yang harus diangkut dengan 5 unit kereta per hari berkapasitas angkut 1300 ton sekali angkut. Sedang pembangkit listrik minyak bumi berdaya sama membutuhkan bahan bakar minyak sebesar 1,5 juta ton per tahun yang harus diangkut dengan paling tidak 7 buah super tanker<sup>[7]</sup>. Hal ini mengakibatkan biaya/harga bahan bakar pada pembangkit listrik termal, kontribusinya terhadap biaya produksi listrik adalah paling besar.

### 2. Biaya Pembangkit Listrik

Komponen pokok biaya suatu pembangkit listrik secara garis besar meliputi biaya investasi, biaya operasi dan perawatan, serta biaya (daur) bahan bakar. Secara rinci, kontribusi masing-masing komponen terlihat pada Tabel 2.

#### PLTU Batubara

Dalam pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, gas alam), faktor yang paling berpengaruh terhadap biaya pembangkit listrik adalah harga bahan bakar. Pada PLTU batubara, komponen penting dalam harga bahan bakar, disamping harga batubara, adalah biaya transportasi batubara dari tambang ke stasiun PLTU. Hal ini berimplikasi bahwa biaya pembangkit listrik PLTU batubara akan menjadi murah, jika stasiun listrik dibangun di dekat tambang. Studi yang dilakukan oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA)<sup>[1]</sup> menunjukkan bahwa PLTU batubara akan lebih ekonomis dibanding PLTN, jika biaya transportasi dari tambang batubara ke stasiun PLTU dapat dilakukan dengan biaya di bawah US\$ 30 per ton.

Di samping faktor harga bahan bakar, faktor lain adalah diterapkannya peraturan-

peraturan yang berkaitan dengan proteksi lingkungan yang semakin ketat akhir-akhir ini. Hal ini akan mengakibatkan naiknya biaya investasi dan pengoperasian PLTU batubara, yang akibatnya akan menaikkan biaya pembangkit listriknya. Ini berkaitan dengan pemasangan alat-alat *scrubber* yang berfungsi untuk mengolah gas hasil pembakaran pada PLTU batubara sebelum dibuang ke lingkungan. Sebagai ilustrasi, pada Tabel 3 disajikan daftar perbandingan biaya pembangkit listrik PLTU batubara dan PLTN. Data ini merupakan hasil studi yang dilakukan oleh NEA (*Nuclear Energy Agency*) bekerja sama dengan Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA)<sup>[6]</sup> untuk menghitung biaya pembangkit listrik PLTU batubara dan PLTN selama 30 tahun, yang akan beroperasi pada tahun 1995-2000 di negara-negara OECD (*The Organization for Economic Cooperation and Development*). Di beberapa daerah di Canada dan Amerika, batubara tersedia melimpah sehingga mengakibatkan batubara dapat diperoleh dengan harga yang murah. Hal ini mengakibatkan biaya pembangkit listrik PLTU batubara di daerah-daerah tersebut relatif lebih murah dibandingkan biaya pembangkit listrik PLTN. Meskipun begitu, biaya bahan bakar PLTU batubara ini masih cukup besar (37-40%). Hal ini akan mengakibatkan biaya pembangkit listrik per kWh nya akan sangat mudah dipengaruhi oleh kemungkinan terjadinya fluktuasi kenaikan harga bahan bakar (batubara) di masa depan.

## PLTN

Faktor yang paling berpengaruh pada biaya pembangkit listrik PLTN adalah mahalnya biaya investasi. Apalagi biaya investasi ini akan naik seiring dengan naiknya harga bunga (*interest*), eskalasi serta lamanya *lead time*. Pada Gambar 3 disajikan grafik biaya total investasi sebagai fungsi *lead time*, eskalasi, serta bunga. Dari gambar tersebut terlihat bahwa stasiun listrik dengan modal langsung (*direct cost*) sebesar US\$ 1,5 milyar, jika dikenakan harga eskalasi sebesar 5% per tahun dan jangka waktu *lead time* 6 tahun, maka biaya investasi (termasuk eskalasi dan bunga selama konstruksi) akan naik sekitar 50% menjadi US\$ 2,2 milyar. Pada kondisi yang sama, tetapi dengan jangka waktu *lead time* 12 tahun akan mengakibatkan naiknya biaya investasi sebesar 200% terhadap modal langsung. Faktor lain yang juga berpengaruh terhadap biaya investasi PLTN adalah biaya pengembangan infrastruktur, seperti: litbang, alih teknologi, serta ada tidaknya industri lokal

dan sumber daya manusia yang mendukung program nuklir. Dari segi unjuk kerja PLTN, faktor yang berpengaruh meliputi: faktor beban (*load factor*), *power rating*, serta umur PLTN. Sedang dari segi kondisi ekonomi suatu negara, harga bunga (baik lokal maupun asing), eskalasi dan *discount rate* yang dipakai dalam perhitungan juga akan berpengaruh.

## BAHASAN

### 1. Harga Bahan Bakar Nuklir

Sebagaimana terlihat pada Tabel 2, harga/biaya bahan bakar untuk PLTN, kontribusinya terhadap biaya total pembangkit listrik adalah sekitar 15-30%. Sebagai perbandingan, harga bahan bakar untuk stasiun listrik bahan bakar fosil adalah 40-65% untuk bahan bakar batubara dan 70-85% untuk bahan bakar minyak. Kontribusi harga bahan bakar nuklir yang relatif rendah ini, merupakan faktor ekonomi yang menarik dalam pembangkit listrik. Hal ini mengingat karena rendahnya harga bahan bakar akan mengakibatkan biaya pembangkit listrik akan lebih stabil terhadap fluktuasi kenaikan harga bahan bakar. Pengalaman di Indonesia menunjukkan bahwa setiap ada kenaikan harga minyak bumi, secara langsung juga akan diikuti oleh meningkatnya biaya produksi listrik PLTU berbahan bakar minyak bumi, dan berakibat naiknya harga listrik sampai ke pelanggan.

Komponen utama dalam harga daur bahan bakar nuklir untuk jenis reaktor berpendingin air ringan (LWR) ditunjukkan pada Gambar 4. Dalam studi ini, reaktor jenis LWR dipakai sebagai reaktor parameter PLTN, karena LWR adalah jenis reaktor yang paling banyak dipakai saat ini dan diperkirakan masih tetap akan dipakai sampai beberapa dekade mendatang. Pada Gambar 4 ditunjukkan juga parameter-parameter harga komponen daur bahan bakar nuklir. Dengan parameter-parameter tersebut diperoleh harga daur bahan bakar nuklir sebesar 9 mill US\$ per kWh dengan kontribusi sebagai berikut: harga daur belakang 23,6%, pengayaan 37,8%, fabrikasi 9,4% dan uranium alam (termasuk konversi) 29,2%.

### 2. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui sensitivitas harga daur dan ongkos pembangkit listrik terhadap kemungkinan perubahan harga (biaya) komponen utama

daur bahan bakar di masa yang akan datang. Dalam analisis sensitivitas ini, tinjauan dititik beratkan pada komponen harga daur bahan bakar yang paling berpengaruh, yaitu persentase kontribusinya terhadap total biaya daur bahan bakar cukup besar. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa pada komponen yang paling berpengaruh tersebut jika dikenakan suatu perubahan harga akan memberikan efek yang cukup berarti terhadap total biaya pembangkit listrik. Pada daur bahan bakar nuklir, komponen harga/biaya yang paling berpengaruh adalah harga uranium alam (29,2%), biaya pengayaan (37,8%) dan biaya daur belakang (23,6%). Terhadap biaya fabrikasi yang kontribusinya hanya sekitar 9,4% tidak dikenakan analisis sensitivitas. Pada PLTU berbahan bakar fosil, harga bahan bakar dianggap merupakan satu-satunya komponen harga/biaya yang paling berpengaruh terhadap total harga/biaya bahan bakar, sehingga analisis sensitivitas hanya dilakukan pada komponen harga bahan bakar saja.

Hasil perhitungan sensitivitas harga/biaya daur bahan bakar nuklir terhadap perubahan harga/biaya komponen utama daur bahan bakar nuklir yang dilakukan oleh LL.Bennet<sup>[1]</sup> ditunjukkan pada Gambar 4.

#### **Perubahan Harga Bahan Bakar (Uranium Alam, Batubara, Minyak Bumi)**

Kontribusi harga uranium alam terhadap total harga daur bahan bakar nuklir adalah sebesar 29,2%. Jika diasumsikan terjadi kenaikan harga uranium alam sebesar 100%, maka total harga daur bahan bakar nuklir akan naik sebesar 29,2%. Mengingat kontribusi total harga daur bahan bakar nuklir terhadap biaya pembangkit listrik hanya sekitar 15-30%, kenaikan 100% harga uranium alam hanya akan mengakibatkan kenaikan biaya pembangkit listrik sebesar 4-8%. Sebagai perbandingan pada PLTU batubara, kenaikan harga batubara sebesar 100% akan mengakibatkan kenaikan biaya pembangkit listrik sebesar 40-65%. Sedangkan pada PLTU berbahan bakar minyak, kenaikan harga minyak sebesar 100% akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkit listrik sebesar 70-85%. Dari sini terlihat jelas bahwa apabila sebuah PLTN dioperasikan, maka biaya pembangkitan listrik selama pengoperasian akan jauh lebih stabil terhadap fluktuasi kenaikan harga (ongkos) bahan bakar.

#### **Perubahan Harga Pengayaan**

Kontribusi harga pengayaan terhadap total harga daur bahan bakar nuklir adalah relatif tinggi yaitu sekitar 37,8%. Jika diasumsikan ada kenaikan harga pengayaan sebesar 100%, akan mengakibatkan naiknya total harga daur bahan bakar nuklir sebesar 37,8%. Ini akan mengakibatkan naiknya total biaya pembangkit listrik sebesar 6-11%.

#### **Perubahan Harga Daur Belakang**

Salah satu komponen utama harga daur bahan bakar nuklir pada reaktor LWR adalah biaya daur belakang, yang meliputi pembiayaan untuk pengelolaan limbah. Di sini, termasuk di dalamnya adalah biaya penyimpanan sementara, biaya olah ulang, serta segala aspek yang berkaitan dengan penanganan limbah. Kontribusi total harga/biaya daur belakang terhadap total harga daur bahan bakar nuklir adalah sebesar 23,6%.

Jika diasumsikan terjadi kenaikan harga/biaya total daur belakang sebesar 100%, maka akan terjadi kenaikan total harga daur sebesar 23,6%. Efek terhadap kenaikan total biaya pembangkit listrik adalah sebesar 4-7%. Hasil analisis sensitivitas seperti telah disebutkan di atas lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.

#### **SIMPULAN**

1. Pada PLTN, biaya investasi adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap biaya pembangkit listrik. Sedangkan pada PLTU berbahan bakar fosil, harga bahan bakar adalah faktor yang paling berpengaruh. Semakin ketatnya peraturan proteksi lingkungan, diperkirakan akan berpengaruh terhadap naiknya biaya investasi dan biaya operasi PLTU berbahan bakar fosil terutama batubara.
2. Kenaikan harga uranium alam sebesar 100% hanya akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkit listrik PLTN sebesar 4-8%. Sedangkan kenaikan harga bahan bakar fosil sebesar 100% pada PLTU bahan bakar fosil akan menaikkan biaya pembangkit listrik sebesar 40-65% pada PLTU batubara dan sebesar 70-85% pada PLTU minyak bumi.
3. Kecilnya kontribusi harga bahan bakar pada PLTN akan memberi keuntungan biaya pembangkit listrik yang lebih stabil terhadap fluktuasi kenaikan harga.

## PUSTAKA

- [1]. BENNET, L.L., *Economic Performance of Nuclear Plants: How Competitive?*, IAEA Bulletin, Vol. 27, No. 11, Vienna, 1985.
- [2]. BENNET, L.L., WOITE, G., *Cost and Competitiveness of Nuclear Electricity*, The Nuclear Power option, Proceedings of an International Conference, Vienna, 1994.
- [3]. GINTING, N.P., dkk, *Peranan Industri Nasional dalam menyongsong Pembangunan PLTN di Indonesia*, Proceedings Seminar Pendayagunaan Reaktor Nuklir untuk Kesejahteraan Masyarakat, Bandung, 1990.
- [4]. MILLER, P., *Comeback for Nuclear Power, Our Future Electric*, National Geographic Society, Vol. 180, No. 2, Washington, 1991.
- [5]. MUKAI, J., *Nuclear Power in Japan, Result and Current Issues*, Proceeding of an International Symposium on Good Performance in Nuclear Projects, Tokyo, 1989.
- [6]. OECD-NEA, *Nuclear Energy in Perspective*, OECD Publication, Paris 1989.
- [7]. SEMENOV, B. A., BENNET, L. L., BERTEL, E., *Nuclear Power Development in the World : a Global Outlook, The Nuclear Power Option*, Proceedings of an International Conference, Vienna, 1994.
- [8]. IAEA, *Assessment and Comparison of Waste Management System Costs for Nuclear and Other Energy Sources*, Technical Report Series No. 366, IAEA Publ., Vienna, 1994.

## TANYA JAWAB

Hasnel Sofyan

- Perhitungan biaya yang dilakukan dalam studi ini untuk selang waktu berapa tahun

dan apakah dalam perhitungan tersebut sudah dimasukkan biaya investasi ?

- Jika untuk masa pakai antara 10 - 20 tahun, manakah yang lebih menguntungkan antara PLTN dan PLTU ?

Djati Hoesein Salimy

- Pada studi ini analisis biaya tidak berkaitan dengan waktu.
- Pada prinsipnya untuk investasi besar masa pakai yang lama akan lebih menguntungkan. Oleh karena investasi PLTN lebih besar dari PLTU, maka untuk masa pakai 10 - 20 tahun PLTU akan lebih menguntungkan. Dengan demikian dilakukan usaha-usaha untuk memperpanjang masa pakai PLTN yang investasinya sangat mahal.

Ermin Katrin

- Mohon dijelaskan mengenai biaya pengolahan limbah bahan bakar bekas ?

Djati Hoesein Salimy

- Biaya pengolahan limbah bahan bakar bekas merupakan salah satu komponen biaya pada daur bahan bakar nuklir (biaya bahan bakar).

Budi Setiawan

- Bagaimana evaluasi studi ini sehingga dapat disimpulkan biaya daur bahan bakar bekas adalah yang paling berpengaruh terhadap pembangkitan energi listrik ?

Djati Hoesein Salimy

- Evaluasi studi ini berdasarkan pada data-data yang ada tentang kontribusi komponen-komponen yang berpengaruh terhadap biaya pembangkitan listrik seperti bahan bakar, investasi serta O dan M.

**Tabel 1. Biaya Pembangkit Listrik dari berbagai jenis Stasiun Pembangkit Listrik di Jepang<sup>[5]</sup>.**

Jenis Pembangkit	Harga listrik/KWh	
	Yen/KWh	Sen US\$/KWh
PLTN	9	6,9
PLTU Batubara	10	7,7
PLT Minyak bumi	10 - 11	7,7 - 8,5
PLT Gas alam	10 - 11	7,7 - 8,5
PLTA	13	10

Catatan : 1US\$=130 Yen

**Tabel 2. Komponen Biaya Pembangkit Listrik<sup>[1]</sup>.**

Komponen Biaya	PLTN	PLTU Batubara	PLT Minyak bumi
- Investasi	55 - 80%	25 - 55%	10 - 25%
- Bahan bakar	15 - 30%	40 - 65%	70 - 85%
- Operasi dan perawatan	5 - 15%	5 - 10%	5%

**Tabel 4. Persentase Kenaikan Biaya Pembangkit Listrik jika komponen biaya Bahan bakar naik 100%**

Komponen biaya/ harga bahan bakar	Kenaikan biaya pembangkit listrik		
	PLTN <sup>a)</sup>	PLTU-BB <sup>b)</sup>	PLTU-MB <sup>c)</sup>
1. Uranium alam	4 - 8%	40 - 65%	70 - 85%
2. Pengayaan	6 - 11%		
3. Daur belakang	4 - 7%		

Catatan.

<sup>a)</sup> Jika komponen biaya/harga daur bahan bakar nuklir naik 100%

<sup>b)</sup> Jika harga batubara naik 100%

<sup>c)</sup> Jika harga minyak bumi naik 100%

**Tabel 3. Perbandingan biaya pembangkitan listrik antara PLTU batubara dengan PLTN di beberapa negara OECD<sup>6)</sup>**

(dalam mills US\$/kWh)

NEGARA	PLTN				PLTU BATUBARA				Rasio PLTU/PLTN
	I	O&M	BB	Tot.	I	O&M	BB	Tot.	
Belgia	15,6	5,4	8,1	29,1	13,9	9,2	29,1	52,2	1,79
Canada									
- Tengah	13,2	2,4	4,0	19,6	8,2	1,9	15,9	26,0	1,33
- East nuklir/east coal	15,4	7,6	3,1	26,2	9,1	3,7	15,1	27,9	1,06
- East nuklir/west coal	15,4	7,6	3,1	26,2	10,3	3,3	7,9	21,5	0,82
Finlandia	16,4	4,6	6,5	27,5	9,4	6,3	17,3	33,0	1,2
Perancis	12,9	5,4	9,1	27,4	11,3	4,8	23,5	39,6	1,45
Jerman*	21,4	7,4	11,1	39,9	10,1	8,5	38,1	56,7	1,42
							25,3	43,9	1,1
Itali*	23,4	6,3	10,7	40,4	12,7	6,9	48,1	57,7	1,43
							23,5	43,1	1,07
Jepang	21,4	8,7	13,2	43,3	18,0	13,3	24,4	55,7	1,28
Inggris	22,6	6,8	6,6	36,0	13,1	7,1	18,1	38,3	1,07
Amerika Serikat									
- Midwest	21,7	11,4	5,6	38,7	15,0	6,0	14,4	35,4	0,91
- West	21,7	11,4	5,6	38,7	15,1	4,1	11,9	31,1	0,81
- East	21,7	11,4	5,6	38,7	16,3	4,7	20,5	41,5	1,07

Catatan.

<sup>6)</sup> berdasar batubara lokal dan batubara impor

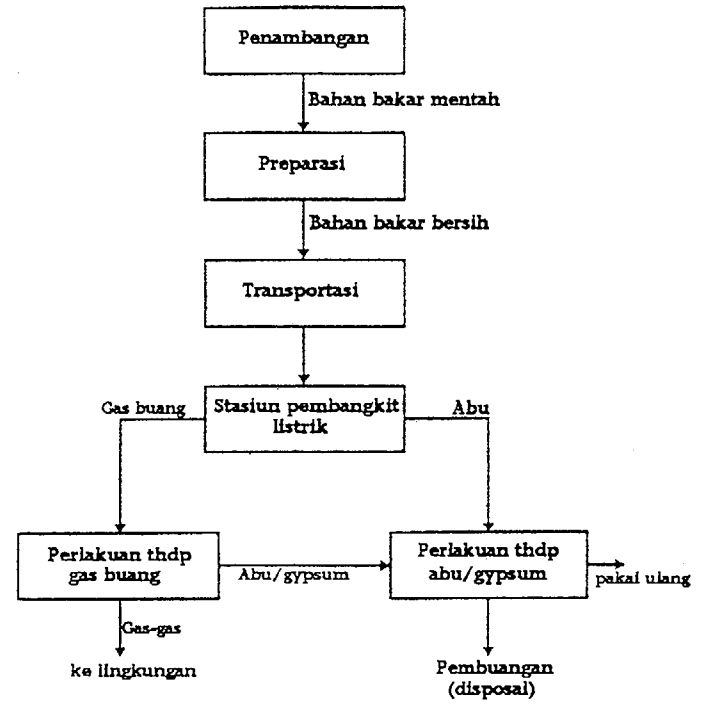
I = biaya investasi

O&amp;M = biaya operasi dan perawatan

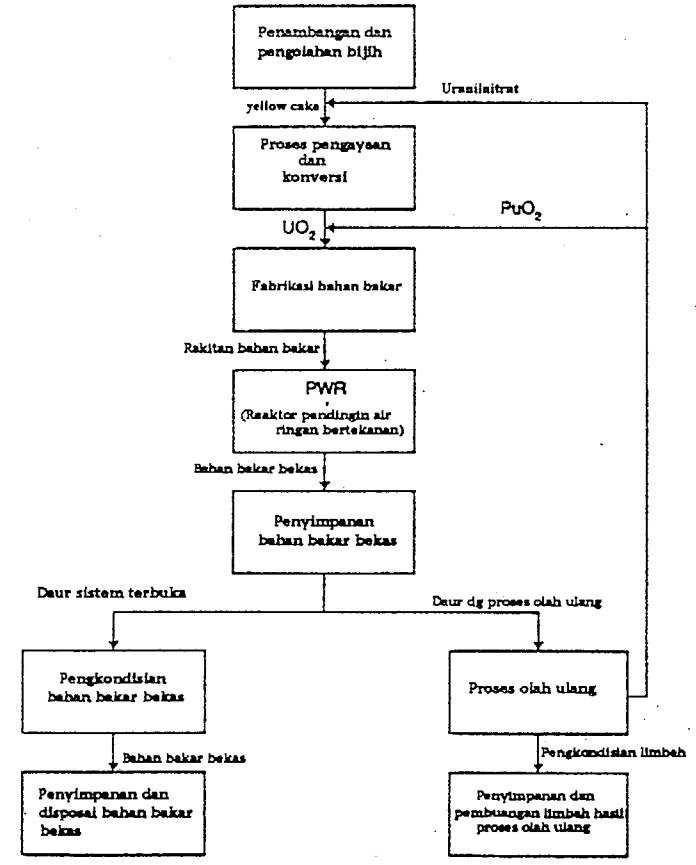
BB = harga/biaya (daur) bahan bakar

TOT = biaya total

370

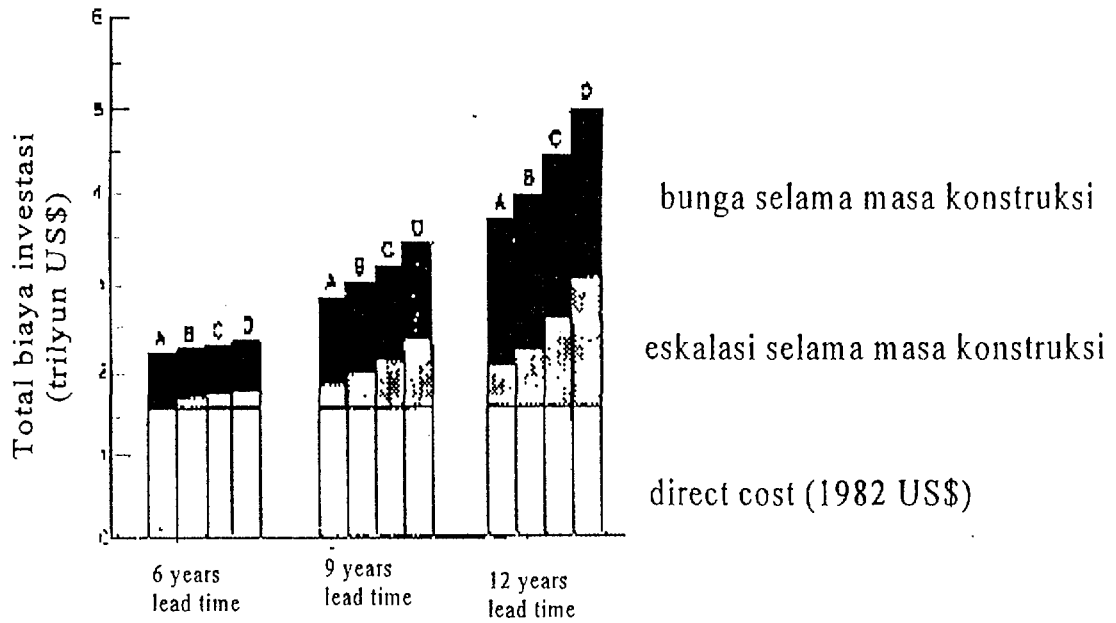


Gambar 1. Skema daur bahan bakar fosil<sup>8)</sup>



Gambar 2. Skema daur bahan bakar nuklir<sup>8)</sup>





**Gambar 3. Efek lead time, bunga dan eskalasi selama masa konstruksi terhadap total investasi**

Catatan.

Eskalasi riil selama masa konstruksi,

A = 0%, B = 2%, C = 5%, D = 8%

**Harga daur bahan bakar nuklir = US\$ 9 mill/kWh**

100%

Daur belakang 23,6%
Pengayaan 37,8%
Fabrikasi 9,4%
Uranium alam 29,2%

**Parameter harga**

Harga U-alam = US\$ 25/lb yellow cake  
 Harga Konversi = US\$ 6/kg  
 Harga Pengayaan = US\$ 140/SWU  
 Fabrikasi = US\$ 175/kg U  
 Biaya daur belakang = US\$ 800/kg bahan bakar  
 Load-factor = 75%

**Catatan.**

Harga U-alam sudah termasuk harga/biaya konversi.  
 Biaya fabrikasi sudah termasuk biaya angkut BBN.

**Analisis sensitivitas**

*Jika harga pengayaan naik 100%*

*Jika harga daur belakang naik 100%*

*Jika harga U-alam naik 100%*

123,6%

Daur belakang 47,3%
Pengayaan 37,8%
Fabrikasi 9,4%
Uranium alam 29,2%

129,2%

Daur belakang 23,6%
Pengayaan 37,8%
Fabrikasi 9,4%
Uranium alam 58,4%

137,8%

Daur belakang 23,6%
Pengayaan 75,6%
Fabrikasi 9,4%
Uranium alam 29,2%

Gambar 4. Harga Daur Bahan Bakar Nuklir, kontribusi harga tiap komponen daur, serta analisis sensitivitas <sup>[1]</sup>