

**EFEK KENAIKAN HARGA BAHAN BAKAR TERHADAP
BIAYA PEMBANGKITAN LISTRIK**

Djati H. Salimy¹⁾, Ida N. Finahari¹⁾, Masdin¹⁾

ABSTRAK

EFEK KENAIKAN HARGA BAHAN BAKAR TERHADAP BIAYA PEMBANGKITAN LISTRIK. Kontribusi harga daur bahan bakar nuklir terhadap total biaya pembangkitan listrik pada PLTN relatif kecil sekitar 15-30%, dibanding PLTU berbahan bakar batubara (40-60%) maupun PLTU berbahan bakar minyak/gas (70-80%). Kondisi ini akan memberi efek biaya pembangkitan listrik yang lebih stabil terhadap fluktuasi kenaikan harga bahan bakar. Dari studi ini terlihat bahwa jika diasumsikan terjadi kenaikan harga uranium alam sebesar 100% akan mengakibatkan kenaikan harga daur bahan bakar nuklir sebesar 29%. Karena kontribusi harga uranium alam terhadap total harga daur bahan bakar nuklir adalah sekitar 29%, dan kontribusi harga daur bahan bakar nuklir terhadap total biaya pembangkit listrik relatif kecil (15-30%), kenaikan harga uranium alam sebesar 100% akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkitan listrik hanya sekitar 4-8%. Pada pembangkit listrik berbahan bakar fosil, jika diasumsikan terjadi kenaikan harga bahan bakar sebesar 100% akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkitan listrik sebesar 40-65% pada PLTU batubara, dan sebesar 70-85% untuk PLT minyak bumi/gas.

Kata kunci: bahan bakar fosil, uranium alam, daur bahan bakar

ABSTRACT

THE EFFECT OF FUEL COST INCREASING TO THE ELECTRICITY GENERATING COST. The contribution of the nuclear fuel cycle cost to the total of nuclear power generating cost is relatively small, about 15-30%, compared to the contribution of the fuel cost in the coal-generated electricity (40-60%), or in the gas/oil-generated electricity (70-80%). This condition will give the effect that once a nuclear power plant is built, the future generation cost are much less sensitive to the change in the fuel prices than in the case of fossil fuel power plants. The study shown that if assumed the natural uranium price were double, the total nuclear fuel cycle cost would increase by about 29%. Because the contribution of the natural uranium price to the total nuclear fuel cycle cost is about 29%, and the contribution of the nuclear fuel cycle cost to the nuclear generation cost is relatively small, the assumed of 100% increase of natural uranium price would increase nuclear electricity generating cost by only about 4-8%. As a comparison, if assumed a 100% increase in fossil fuel prices would increase the electricity generating cost by about 40-65% for coal-power plants, and about 70-85% for oil/gas-power plants.

Keywords: fossil fuel, natural uranium, fuel cycle

¹⁾ Staf Bidang Perencanaan Sistem Energi - PPEN

I. PENDAHULUAN

Energi nuklir merupakan sumber pembangkit listrik yang menarik. Ditinjau dari segi proteksi lingkungan, stasiun PLTN tidak menghasilkan gas-gas buang seperti SO_x maupun NO_x yang bisa menimbulkan efek hujan asam, maupun gas-gas rumah kaca seperti CO, CO₂ maupun CH₄ yang bisa menyumbang efek pemanasan global seperti pada pembangkit listrik berbahan bakar minyak, gas alam maupun batubara.

Di samping itu, justru karena adanya potensi bahaya radiasi, PLTN harus didesain, 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.

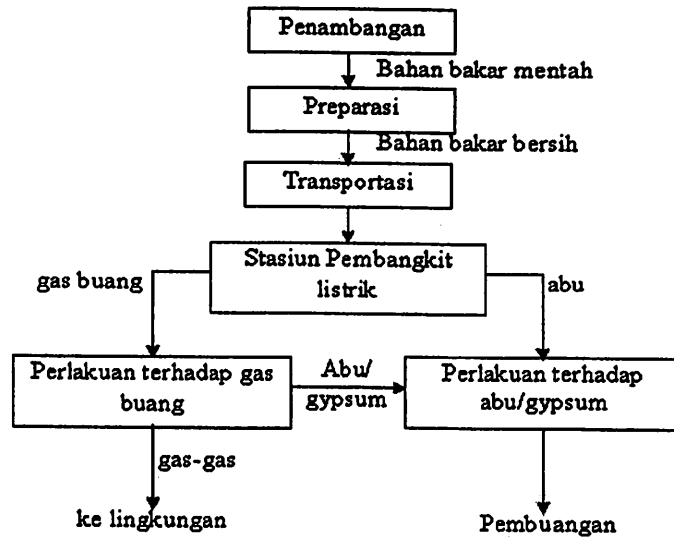
Dari segi ekonomi, pengalaman pengoperasian PLTN di negara-negara industri maju misalnya di Jepang dan Perancis[1], membuktikan bahwa biaya pembangkit listrik nuklir masih lebih murah atau paling tidak cukup kompetitif dibanding pembangkit listrik lain. Di samping itu, kontribusi harga daur bahan bakar terhadap total biaya pembangkit listrik nuklir relatif sangat kecil dibanding pada pembangkit listrik berbahan bakar batubara maupun minyak bumi. Hal ini merupakan suatu fenomena ekonomi yang menarik, karena dengan kontribusi harga daur bahan bakar yang kecil, gejolak perubahan harga daur bahan bakar nuklir atau komponennya di masa depan akan kurang berpengaruh terhadap total biaya pembangkit listrik nuklir. Fakta ini berlawanan dengan PLT minyak bumi/gas, dimana kenaikan harga BBM selalu langsung berakibat pada naiknya biaya pembangkitan listrik.

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

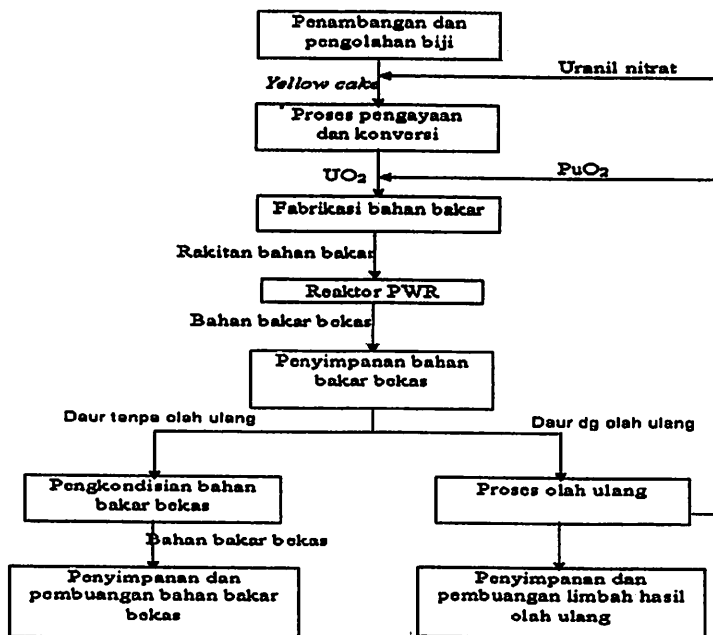
II. DAUR BAHAN BAKAR PADA PEMBANGKIT LISTRIK

Pada pembangkit listrik tenaga nuklir maupun pembangkit listrik berbahan bakar fosil, 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 diumpankan ke reaktor atau sistem pembakaran, sampai pengelolaannya setelah habis masa pakainya pada sistem pembakaran. Pada Gambar 1 disajikan skema daur bahan bakar suatu sistem pembangkit listrik berbahan bakar fosil.. Sedang pada Gambar 2 ditampilkan skema daur bahan bakar nuklir pada suatu sistem PLTN



Gambar 1. Skema Daer Bahan Bakar Fosil[2]



Gambar 2. Skema Daer Bahan Bakar Nuklir[2]

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 PLT berbahan bakar fosil. Sebagai gambaran[2], 1 kg uranium alam (bahan bakar nuklir) mampu menghasilkan listrik sebesar 50.000 kWh, sementara 1 kg yang sama untuk bahan bakar batubara dan minyak bumi masing-masing hanya mampu menghasilkan listrik sebesar 3 kWh dan 4 kWh. Kenyataan ini mengakibatkan kebutuhan bahan bakar pertahunnya pada PLTN sangat sedikit dibanding pada sistem pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Sebagai contoh, PLTN berpendingin air ringan bertekanan (PWR) berdaya 1000 MWe 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 per tahun, yang bisa diangkut dengan hanya beberapa truk saja. Sebagai perbandingan[3], pembangkit listrik berbahan bakar 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 berbahan bakar 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. Kenyataan ini mengakibatkan biaya bahan bakar pada pembangkit listrik berbahan bakar fosil kontribusinya terhadap biaya produksi listrik adalah paling besar.

III. 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 biaya terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen biaya pembangkit listrik[3]

Komponen biaya	PLTN (%)	PLTU batubara (%)	PLT Minyak/gas (%)
Investasi	55-80	25-55	10-25
Bahan bakar	15-30	40-65	70-85
Operasi dan perawatan	5-15	5-10	5

3.1. Biaya Pembangkit Listrik Berbahan bakar Fosil

Dalam pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, gas alam), faktor yang paling berpengaruh terhadap biaya pembangkit listrik adalah harga

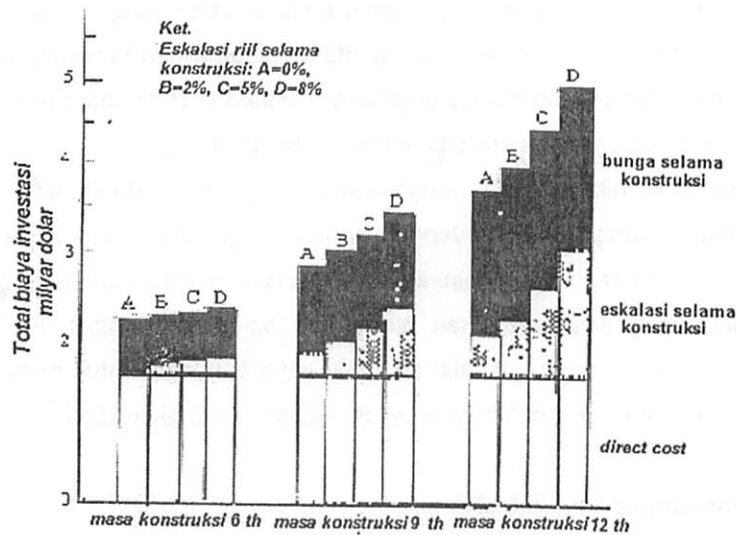
bahan bakar. Pada PLTU batubara, komponen penting dalam harga bahan bakar, di samping harga batubara adalah biaya transportasi batubara dari tambang ke stasiun PLTU. Hal ini berimplikasi bahwa biaya pembangkit listrik PLTU batubara akan menjadi murah, jika stasiun pembangkit listrik dibangun di dekat tambang.

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.

3.2 Biaya Pembangkit Listrik PLTN

Faktor yang paling berpengaruh pada biaya pembangkit listrik PLTN adalah mahalnya biaya investasi. Apalagi biaya investasi ini akan naik seiring dengan naiknya nilai bunga (*interest*), eskalasi serta lamanya masa konstruksi. Pada Gambar 3 disajikan grafik biaya total investasi sebagai fungsi masa konstruksi, eskalasi serta bunga. Dari gambar tersebut terlihat bahwa misalnya suatu pembangkit listrik PLTN dengan modal langsung (*direct cost*) sebesar US\$ 1,5 milyar, jika dikenakan harga eskalasi sebesar 5% per tahun dan masa konstruksi selama 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 masa konstruksi selama 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, *power rating* serta umur PLTN. Sedang dari segi kondisi ekonomi suatu negara, nilai bunga baik lokal maupun asing, eskalasi dan *discount rate* yang dipakai dalam perhitungan juga akan berpengaruh.



Gambar 3. Efek masa konstruksi, bunga dan eskalasi selama masa konstruksi terhadap total investasi[3]

IV. EFEK KENAIKAN/BIAYA HARGA DAUR

Komponen utama dalam harga daur bahan bakar nuklir untuk jenis reaktor berpendingin air ringan (LWR) ditunjukkan pada Tabel 2. 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. Sedangkan pada pembangkit berbahan bakar foil, harga bahan bakar dianggap satu-satunya komponen yang paling penting.

Tabel 2. Komponen utama harga daur bahan bakar nuklir[4,5]

Komponen daur	Persentase, %
Harga uranium alam	29,2
Pengayaan	37,8
Fabrikasi	9,4
Daur belakang	23,6
Total	100

Untuk memahami efek perubahan daur bahan bakar terhadap biaya pembangkitan listrik dilakukan analisis sensitivitas terhadap komponen-komponen utama yang kontribusinya terhadap biaya daur bahan bakar paling besar. Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui sensitivitas harga daur dan ongkos pembangkit listrik terhadap kemungkinan perubahan harga atau biaya komponen utama daur bahan bakar di masa yang akan datang.

4.1 Kenaikan Harga Bahan Bakar (Uranium Alam, Batubara, Minyak Bumi/Gas)

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%. Sedang pada PLT berbahan bakar minyak bumi/gas, kenaikan harga minyak/gas sebesar 100% akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkit listrik sebesar 70-85%. Dari sini terlihat jelas bahwa sekali sebuah PLTN dioperasikan, maka biaya pembangkitan listrik selama pengoperasian akan jauh lebih stabil terhadap fluktuasi kenaikan harga bahan bakar.

4.2 Kenaikan Biaya Pengayaan

Kontribusi biaya pengayaan uranium 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%.

4.3 Kenaikan Biaya 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 atau biaya daur belakang terhadap total harga daur bahan bakar nuklir adalah sebesar 23,6%. Jika diasumsikan terjadi kenaikan harga atau 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 3.

Tabel 3. Kenaikan biaya pembangkitan listrik jika komponen biaya bahan bakar naik 100%.

Komponen biaya atau harga bahan bakar	Kenaikan biaya pembangkit listrik (%)		
	PLTN ^{a)}	PLTU Batubara ^{b)}	PLT Minyak bumi/gas ^{c)}
1. Uranium alam / batubara / minyak / gas	4-8	40-65	70-85
2. Pengayaan	6-11		
3. Daur belakang	4-7		

Keterangan :

- a) Jika komponen biaya/harga daur bahan bakar nuklir naik 100%
- b) Jika harga batubara naik 100%
- c) Jika harga minyak bumi/gas naik 100%

V. DISKUSI DAN PEMBAHASAN

Dari analisis sensitivitas terlihat bahwa rendahnya kontribusi biaya bahan bakar menjadi hal yang menarik pada PLTN, karena dengan biaya bahan bakar yang rendah, biaya pembangkitan listrik pada PLTN relatif stabil terhadap terjadinya gejolak kenaikan harga bahan bakar. Pada PLT minyak bumi, fakta menunjukkan bahwa perubahan harga minyak bumi dunia akan secara langsung berpengaruh terhadap biaya pembangkitan listrik yang dimiliki PLN yang beroperasi dengan bahan bakar minyak. Meskipun begitu, murah dan melimpahnya batubara, serta rendahnya biaya investasi pada PLTU batubara mengakibatkan pengembangan kelistrikan belakangan ini banyak bertumpu pada bahan bakar batubara. Sebagai contoh, program akselerasi kelistrikan di Indonesia memproyeksikan pada tahun 2009 Indonesia akan mengoperasikan tambahan pembangkit listrik berbahan bakar batubara sebesar 10000 MWe. Pengalaman pengoperasian PLTN di negara-negara maju menunjukkan bahwa biaya pembangkitan listrik PLTN relatif sangat kompetitif dibanding PLTU batubara, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Biaya Pembangkitan Listrik[6]
(Discount rate 5%, 40 year lifetime, 85% load factor.)

Negara	Biaya pembangkitan listrik, sen/kwh		
	PLTN	PLT batubara	PLT gas
Finlandia	2.76	3.64	-
Perancis	2.54	3.33	3.92
Jerman	2.86	3.52	4.90
Swis	2.88	-	4.36
Belanda	3.58	-	6.04
Cheska	2.30	2.94	4.97
Slovakia	3.13	4.78	5.59
Rumania	3.06	4.55	-
Jepang	4.80	4.95	5.21
Korea	2.34	2.16	4.65
USA	3.01	2.71	4.67
Kanada	2.60	3.11	4.00

Mahalnya biaya investasi pada PLTN dan lamanya masa konstruksi menjadi hal yang cukup krusial pada pembangunan PLTN. Keterlambatan proyek pembangunan akan mengakibatkan terjadinya pembengkakan biaya investasi yang cukup signifikan (Gambar 3). Untuk mengatasi hal tersebut, telah dikembangkan reaktor generasi baru yang cukup ekonomis dengan daya relatif kecil (100 MWe). Reaktor daya kecil ini menguntungkan ditinjau dari segi masa konstruksi yang lebih pendek (kurang dari 3 tahun). Meskipun biaya investasi per KW nya lebih mahal dibanding reaktor nuklir konvensional berdaya besar, tapi karena dayanya rendah maka total biaya investasi per unit pembangkit juga menjadi lebih rendah dan terjangkau oleh negara-negara berkembang.

VI. KESIMPULAN

- Pada PLTN, biaya investasi adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap biaya pembangkit listrik. Sedangkan pada PLT bahan 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.
- Kenaikan harga uranium alam sebesar 100% hanya akan mengakibatkan naiknya biaya pembangkit listrik PLTN sebesar 4-8%. Sedang kenaikan harga bahan bakar

fosil sebesar 100% pada PLT bahan bakar fosil, akan menaikkan biaya pembangkit listrik sebesar 40-65% pada PLTU batubara dan sebesar 70-85% pada PLT minyak bumi/gas.

- Kecilnya kontribusi harga bahan bakar pada PLTN akan memberi keuntungan biaya pembangkit listrik yang lebih stabil terhadap fluktuasi kenaikan harga.

DAFTAR PUSTAKA

1. MUKAI,J.,`*Nuclear Power in Japan, Result and Current Issues*'. Proceeding of an International Symposium on Good Performance in Nuclear Projects, Tokyo, April 1989.
2. IAEA,`*Assessment and Comparison of Waste Management System Costs for Nuclear and Other Energy Sources*', Technical Report Series No. 366, IAEA Publ., Vienna, 1994.
3. BENNET, L. L, WOITE,G. `*Cost and Competitiveness of Nuclear Electricity*', The Nuclear Power Option, Proceedings of an International Conference, Vienna, 5-8 September 1994.
4. MILLER,J.,`*Comeback for Nuclear Power, Our Future Electric*', National Geographic Society, Vol. 180, No.2, Washington, Agustus 1991.
5. SEMENOV,B. A.,BENNET,LL., BERTEL,E.,`*Nuclear Power Development in the World: a global outlook*', The Nuclear Power Option, Proceedings of an International Conference, Vienna, 5-8 September 1994.
6. OECD/ IEA NEA 2005, *Projected Costs of Generating Electricity*.
<http://www.nea.fr/html/publ>