

Studi Perbandingan Harga Listrik RTT Dengan Sistem Pembangkitan Lainnya Menggunakan Program Legecost

Mochamad Nasrullah
Arnold Y. Soetrisnanto

Abstrak

Studi Perbandingan Harga Listrik RTT Dengan Sistem Pembangkit Lainnya Menggunakan Program Legecost. Krisis ekonomi dan moneter di Indonesia mengakibatkan perencanaan tentang masalah kebutuhan dan pemakaian tenaga listrik berubah sehingga memerlukan peninjauan ulang. Salah satu penyebabnya adalah keterbatasan dana baik dari pemerintah maupun perusahaan swasta. Mengingat keterbatasan dana tersebut, maka perhitungan keekonomian dalam setiap aspek sangat penting dilakukan, khususnya dalam hal ini menentukan harga. Pada makalah ini dikaji biaya beberapa pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil dan nuklir, termasuk Reaktor Temperatur Tinggi (RTT). Pertama-tama dilakukan perhitungan biaya pembangkitan listriknya masing-masing dengan maksud untuk membandingkan harga listrik dari beberapa pembangkit listrik, sehingga dapat diketahui pembangkit listrik mana yang kompetitif. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan program Levelized Generation Cost (LEGECOST) yang mengacu dari IAEA (International Atomic Energy Agency), sehingga dapat dibandingkan masing-masing biaya pembangkitan listriknya. Kemudian analisis kepekaan dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter ekonomi dan skenario, sehingga diketahui faktor yang mempengaruhi biaya pembangkitan listrik tersebut. Disimpulkan bahwa biaya pembangkitan pada RTT lebih kompetitif dibandingkan biaya pembangkitan dengan bahan bakar fosil maupun nuklir lainnya.

Abstract

Comparative Study on Electric Generation Cost of HTR with Another Electric Plant Using Legecost Program. Monetary and economic crisis in Indonesia resulted in impact of electricity and demand and supply planning that it has to be reevaluated. One of the reasons is budget limitation of the government as well as private companies. Considering this reason, the economic calculation for all of aspect could be performed, especially the calculation of electric generation cost. This paper will discuss the economic aspect of several power plants using fossil and nuclear fuel including High Temperature Reactor (HTR). Using Levelized Generation Cost (LEGECOST) program developed by IAEA (International Atomic Energy Agency), the electric generation cost of each power plant could be calculated. And then, the sensitivity analysis has to be done using several economic parameters and scenarios, in order to be known the factors that influence the electric generation cost. It could be concluded, that the electric generation cost of HTR is cheapest comparing the other power plants including nuclear conventional.

LATAR BELAKANG

Sejak dimulainya pembangunan jangka panjang tahap I pada tahun 1969, kebutuhan pemakaian tenaga listrik tumbuh dengan tingkat pertumbuhan yang relatif tinggi. Kebutuhan pemakaian tenaga listrik di Indonesia pada tiga tahun pertama Repelita V memperlihatkan pertumbuhan yang lebih tinggi dari pada sasaran yang telah ditetapkan. Namun dengan krisis ekonomi dan moneter di Indonesia menyebabkan perencanaan tentang masalah kebutuhan dan pemakaian tenaga listrik memerlukan peninjauan ulang hal ini disebabkan salah satunya adalah keterbatasan dana dari pemerintah. Oleh karena itu perhitungan keekonomian dalam setiap aspek sangat penting dilakukan mengingat keterbatasan dana tersebut. Demikian juga dalam perhitungan keekonomian pada beberapa pembangkit listrik di Indonesia. Dengan mengetahui biaya pembangkitan listrik masing-masing dan membandingkannya secara keekonomian dapat diketahui berapa biaya yang paling ekonomis diantara pembangkit listrik tersebut, sehingga dapat dijadikan acuan bagi pengambil keputusan sebagai alternatif pilihannya. Dalam Seminar tentang RTT telah disampaikan perhitungan keekonomian diantaranya oleh tim RTT, selain itu juga telah disampaikan pula perbandingan keekonomian Nuklir ABWR, PLTU gas dengan menggunakan referensi A. Langmo dari Bechtel Power Corporation.

Khusus dalam makalah ini akan membandingkan dan menghitung biaya pembangkitan listrik yang menggunakan bahan bakar Oil-Steam, Coal-Steam, Combine Cycle-Gas, Combine Cycle Oil, ABWR (non RTT), PBMR (RTT), GT-MHR (RTT), dengan maksud untuk membandingkan beberapa pembangkit listrik, sehingga dapat diketahui pembangkit listrik mana yang kompetitif. Dengan menggunakan program *Levelized Generation Cost* (LEGECOST) yang mengacu dari IAEA (*International Atomic Energy Agency*) dapat kita bandingkan masing-masing biaya pembangkitan listrik. Dikaji parameter ekonomi dengan menggunakan beberapa skenario ("low case", "base case", "high case"), seperti "discount rate", masa konstruksi dan faktor kapasitas pembangkitnya. Tujuan dalam makalah ini adalah sebagai salah satu alternatif masukan bagi pengambil keputusan untuk mengetahui biaya pembangkitan listrik masing-masing alternatif baik dengan menggunakan bahan bakar fosil maupun nuklir.

METODOLOGI

Berdasarkan informasi dari [1], yang merupakan data tentang Oil-Steam, Coal-Steam, Combine Cycle-Gas, Combine Cycle Oil, PWR-AP-600 (non RTT), GT-MHR (RTT) yang berasal dari Desalinasi khusus untuk pembangkit pada kasus Afrika Utara, Libya tahun 1996, juga informasi dari [2] dan [3] yang merupakan data PBMR (RTT) yang diambil dari kasus Afrika Selatan. Dari beberapa informasi tersebut kemudian dikaji lebih lanjut dengan menggunakan program *Levelized Generation Cost* (LEGECOST) yang mengacu dari IAEA (*International Atomic Energy Agency*) dapat kita bandingkan masing-masing biaya pembangkit listrik, termasuk didalamnya biaya investasi, bahan bakar maupun biaya perawatan dan

pemeliharaannya. Kemudian dengan menggunakan beberapa parameter ekonomi dianalisis kepekaan masing-masing parameter, yang menggunakan beberapa skenario ("low case", "base case", "high case").

Legecost merupakan program untuk menilai biaya pembangkitan listrik yang disusun oleh IAEA. Dalam program ini terdapat parameter-parameter baik secara teknis maupun ekonomi, selanjutnya dinilai biaya konstruksi, termasuk IDC (Interest During Construction) sampai dengan biaya investasinya, kemudian biaya perawatan dan pemeliharaannya serta terdapat penilaian tentang daur bahan bakar yang meliputi dari pembelian uranium alam sampai penyimpanan lestari bahan bakar bekas, ataupun olah-ulangnya (*reprocessing*). Selanjutnya dari perhitungan-perhitungan diatas biaya-biaya tidak diurai mengikuti tahun demi tahun, tetapi dinyatakan dalam besaran ditahun awal operasi, besaran nilai kini atau besaran teraras (*levelized*), dan semua harga dinyatakan dalam nilai dollar tetap. Adapun rumus perhitungan biaya teraras investasi, bahan bakar, perawatan dan pemeliharaan serta biaya pembangkitan dengan menggunakan program Legecost adalah sebagai berikut:

a. Biaya teraras Investasi	=	$\frac{\text{(Jumlah total biaya investasi dalam nilai kini)}}{\text{(Jumlah energi yang dibangkitkan dalam nilai kini)}}$
b. Biaya teraras bahan bakar	=	$\frac{\text{(Jumlah total biaya bahan bakar dalam nilai kini)}}{\text{(Jumlah energi yang dibangkitkan dalam nilai kini)}}$
c. Biaya teraras perawatan dan pemeliharaan	=	$\frac{\text{(Jumlah total biaya perawatan dan pemeliharaan dalam nilai kini)}}{\text{(Jumlah energi yang dibangkitkan dalam nilai kini)}}$
d. Biaya teraras pembangkitan	=	$\frac{\text{(Jumlah total biaya dalam nilai kini)}}{\text{(Jumlah energi yang dibangkitkan dalam nilai kini)}}$

DATA DAN ASUMSI

Asumsi dan batasan masalah yang digunakan dalam studi adalah sebagai berikut:

- a. Diambil Power Plant yang berkapasitas Medium (100 - 600 Mwe)
- b. Untuk Pembangkit Listrik Nuklir jenis RTT digunakan GTMHR dan PBMR.
- c. Untuk Pembangkit Listrik Nuklir jenis PWR digunakan AP-600 dan NP-300
- d. Untuk Pembangkit Listrik berbahan bakar fosil digunakan Pembangkit Batubara (Coal), Oil Combine Cycle (Oil-CC) dan Gas Combine Cycle (Gas-CC)
- e. Dalam menghitung analisis kepekaan digunakan parameter faktor kapasitas, masa konstruksi, dan "discount rate"
- f. Skenario "base case" adalah skenario kasus dasar perhitungan sebelum adanya analisis kepekaan
- g. Skenario "High Case" adalah skenario dasar perhitungan penambahan masing-masing parameter (faktor kapasitas, masa konstruksi, dan "discount rate") sebesar 10% dari "base case"

- h. Skenario “Low Case” adalah skenario dasar perhitungan pengurangan masing-masing parameter (faktor kapasitas, masa konstruksi, dan “discount rate”) sebesar 10% dari “base case”.

Sedangkan data teknis dan ekonomis dari masing-masing pembangkit listrik ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data teknis dan ekonomis pembangkit listrik

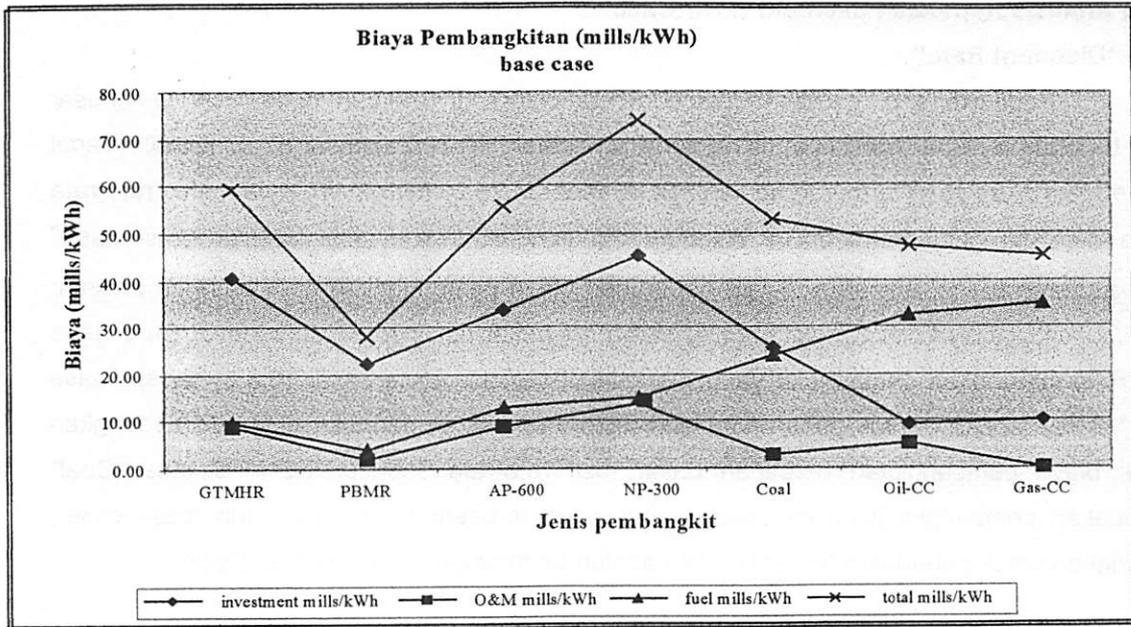
Country		LIBYA	AF.SEL	Mesir	Libya	Africa	Afrika	Mesir
Energy source		Nuclear	Nuclear	Nuclear	Nuclear	Fossil	Fossil	Fossil
Generation technology		GTMHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
Plant capacity	MWe net	287	114	600	300	500	400	450
Fuel cycle		O/T	O/T	O/T	O/T			
Plant net thermal efficiency	%	47.8	32	31	31.6	39	46	50
Equivalent full power hours per year	hours/year	6701.4	7183.2	7008	6570	7446	7008	7708.8
Plant technical life expectancy	years	40	40	40	40	40	40	40
Plant economic lifetime	years	30	30	30	30	30	30	30
Construction duration	years	4	2	5	5	4	3	3
Projected commissioning date		2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005
Cost reference date		1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994
Real interest/discount rate	%/a	10	10	10	10	10	10	10
Fuel real escalation rate	%/a	0	0	1	0	1	0	1.51

HASIL PERHITUNGAN

Hasil perhitungan biaya pembangkitan untuk masing-masing pembangkit yang dipelajari dengan skenario “base case” ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Hasil perhitungan biaya pembangkitan (base case)

Base case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
investment	Mills/kWh	40.58	22.26	33.70	45.24	25.77	9.16	9.99
O&M	Mills/kWh	9.05	1.95	8.81	13.98	2.95	5.32	0.03
Fuel	Mills/kWh	9.62	4.00	1319	14.84	24.12	32.65	34.88
Total	Mills/kWh	59.25	28.21	56.70	74.05	52.85	47.13	44.90



Gambar 1. Hasil perhitungan biaya pembangkitan

Bila dilihat dari hasil perhitungan (Tabel 2.) maka untuk pembangkit berbahan Nuklir, PBMR merupakan yang paling rendah biaya pembangkitan listriknya sekitar 28,21 mills/kWh. sedangkan yang paling tinggi adalah NP-300 sekitar 74,05 mills/kWh. Untuk Pembangkit berbahan bakar fosil, biaya pembangkitan listrik terbesar yaitu batubara sebesar 52,85 mills/kWh, sedangkan yang terkecil adalah Gas Combine Cycle sebesar 44,90 mills/kWh. Kalau dibandingkan antara kedua bahan bakar tersebut, maka PBMR merupakan biaya pembangkitan yang termurah, sedangkan yang termahal yaitu NP-300.

Dengan melihat hasil perhitungan tersebut, maka pembangkit listrik dengan bahan bakar nuklir merupakan pembangkit yang termahal sekaligus termurah yang tergantung dari teknologi yang dipilih. Selain dapat disimpulkan bahwa semakin maju teknologi yang digunakan dan semakin besar kapasitas pembangkitnya maka mempunyai kecenderungan semakin murah pembangkit nuklir tersebut, khususnya untuk yang tidak menggunakan reaktor temperatur tinggi, sedangkan untuk reaktor yang bertemperatur tinggi, tergantung pada jenis teknologinya dan relatif tergantung dari besarnya kapasitas pembangkit.

ANALISIS KEPEKAAN

Pada analisis kepekaan yang menjadi parameter di makalah ini adalah faktor kapasitas, masa konstruksi dan "discount rate", yang masing-masing diskenarioikan pada "base case", "low case" dan "high case".

Hasil Analisis Kepekaan Skenario “Low Case”

a. “Discount Rate”

Pada skenario “low case”, “discount rate” dikurangi 10% dari “base case”, yaitu sebesar 9%, total biaya pembangkitan listrik termahal adalah NP-300 sebesar 69,57 mills/kWh (Tabel 3). Sedangkan yang termurah adalah PBMR sebesar 26,28 mills/kWh. Kalau dihitung rata-rata biaya pembangkitan listrik akibat “discount rate” yang diturunkan sebesar 10% dari “base case” yaitu sebesar 9%, adalah rata-rata penurunan biaya pembangkitan dari “base case” sebesar 4,7%, untuk biaya pembangkitan yang berbahan bakar nuklir rata-rata sebesar 6,3%, dimana PBMR merupakan pembangkit yang mengalami penurunan terbesar (6,8%) terhadap “base case”, sedangkan untuk penurunan terkecil (5,9%) adalah pembangkit AP-600, sedangkan untuk biaya pembangkitan berbahan bakar fosil rata-rata sebesar 2,5%, dimana “Coal” merupakan pembangkit yang mengalami penurunan terbesar (4,4%) terhadap “base case”, sedangkan untuk penurunan terkecil (1,4%) adalah pembangkit Gas Combine Cycle.

Tabel 3. “discount rate” (low case)

DR Low case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
invesment	Mills/kWh	36.74	20.33	30.36	40.76	23.34	8.33	9.08
O&M	Mills/kWh	9.05	1.95	8.81	13.98	2.95	5.32	0.03
Fuel	Mills/kWh	9.62	4.00	13.25	14.84	24.24	32.65	35.15
Total Gen.Cost	Mills/kWh	55.40	26.28	52.43	69.57	50.53	46.29	44.26

b. Faktor Kapasitas

Pada skenario “low case”, faktor kapasitas dikurangi 10% dari “base case” dimana akan mempengaruhi *equivalent full power* jam per tahun, total biaya pembangkitan listrik termahal adalah NP-300 sebesar 82,28 mills/kWh (Tabel 4.). Sedangkan yang termurah adalah PBMR sebesar 30,90 mills/kWh. Kalau dihitung rata-rata biaya pembangkitan listrik akibat faktor kapasitas yang diturunkan sebesar 10% dari “base case” adalah mengakibatkan kenaikan rata-rata biaya pembangkitan dari “base case” sebesar 10,2%, untuk biaya pembangkitan yang berbahan bakar nuklir rata-rata sebesar 10,7%, dimana GMTHR, AP-600, NP-300 merupakan pembangkit yang mengalami kenaikan terbesar (11,1%) terhadap “base case”, sedangkan untuk kenaikan terkecil (9,5%) adalah pembangkit PBMR, sedangkan untuk biaya pembangkitan berbahan bakar fosil rata-rata sebesar 9,4%, dimana Oil-CC dan Gas-CC merupakan pembangkit yang mengalami kenaikan terbesar (11,1%) terhadap “base case”, sedangkan untuk kenaikan terkecil (6,0%) adalah pembangkit batubara.

Tabel 4. Faktor kapasitas (low case)

Cap.Fac. Low case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
invesment	Mills/kWh	45.09	24.73	37.44	50.26	28.64	10.18	11.10
O&M	Mills/kWh	10.05	2.17	9.79	15.53	3.28	5.91	0.03
Fuel	Mills/kWh	10.69	4.00	14.65	16.48	24.12	36.28	38.76
Total	Mills/kWh	65.83	30.90	61.88	82.28	56.04	52.36	49.89

c. Masa Konstruksi

Untuk skenario "low case", masa konstruksi dikurangi 10% dari "base case", total biaya pembangkitan listrik termahal adalah NP-300 sebesar 72,98 mills/kWh. Sedangkan yang termurah adalah PBMR sebesar 28,00 mills/kWh(Tabel 5). Kalau dihitung rata-rata biaya pembangkitan listrik akibat masa konstruksi yang dipercepat sebesar 10% dari "base case" adalah rata-rata penurunan biaya pembangkitan dari "base case" sebesar 0,9%, untuk biaya pembangkitan yang berbahan bakar nuklir rata-rata sebesar 1,2%, dimana AP-600 dan NP-300 merupakan pembangkit yang mengalami penurunan terbesar (1,4%) terhadap "base case", sedangkan untuk penurunan terkecil (0,7%) adalah pembangkit PBMR, sedangkan untuk biaya pembangkitan berbahan bakar fosil rata-rata sebesar 0,5%, dimana "Coal" merupakan pembangkit yang mengalami penurunan terbesar (0,9%) terhadap "base case", sedangkan untuk penurunan terkecil (0,3%) adalah pembangkit Gas Combine Cycle dan Oil Ccombine Cycle.

Tabel 5. Masa konstruksi (low case)

Cons.Time.Low case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
invesment	Mills/kWh	39.82	22.5	32.90	44.17	25.30	9.03	9.85
O&M	Mills/kWh	9.05	1.95	8.81	13.98	2.95	5.32	0.03
Fuel	Mills/kWh	9.62	4.00	13.19	14.84	24.12	32.65	34.88
Total	Mills/kWh	58.48	28.00	54.90	72.98	52.37	47.00	44.76

Hasil Analisis Kepekaan Skenario "High Case"

a. "Discount Rate"

Untuk skenario "high case", "discount rate" ditambah 10% dari "base case", yaitu sebesar 11%, maka total biaya pembangkitan listrik termahal adalah NP-300 sebesar 78,76 mills/kWh. Sedangkan yang termurah adalah PBMR sebesar 30,19 mills/kWh (Tabel 6). Kalau dihitung rata-rata biaya pembangkitan listrik akibat "discount rate" yang naik sebesar 10% dari "base case" yaitu 11% adalah rata-rata kenaikan biaya pembangkitan dari "base case" sebesar 4,9%, untuk biaya pembangkitan yang berbahan bakar nuklir rata-rata sebesar 6,6%, dimana PBMR merupakan pembangkit yang mengalami kenaikan terbesar (6,8%) terhadap "base case", sedangkan untuk kenaikan terkecil (5,9%) adalah pembangkit AP-600, sedangkan untuk biaya pembangkitan berbahan bakar fosil rata-rata sebesar 2,7%, dimana "Coal" merupakan pembangkit yang mengalami kenaikan terbesar (4,6%) terhadap "base case", sedangkan untuk kenaikan terkecil (1,5%) adalah pembangkit Gas Combine Cycle.

Tabel 6. "Discount rate" (high case)

DR.High case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
invesment	Mills/kWh	44.61	24.25	37.21	49.94	28.32	10.02	10.93
O&M	Mills/kWh	9.05	1.95	8.81	13.98	2.95	5.32	0.03
Fuel	Mills/kWh	9.62	4.00	13.13	14.84	24.01	32.65	34.63
Total Gen.Cost	Mills/kWh	63.27	30.19	59.14	78.76	55.28	47.99	45.59

b. Faktor Kapasitas

Pada skenario "high case", faktor kapasitas ditambah 10% dari "base case" dimana akan mempengaruhi *equivalent full power* jam per tahun, total biaya pembangkitan listrik termahal adalah NP-300 sebesar 67,32 mills/kWh (Tabel 7.). Sedangkan yang termurah adalah PBMR sebesar 26,01 mills/kWh. Kalau dihitung rata-rata biaya pembangkitan listrik akibat faktor kapasitas yang dinaikkan sebesar 10% dari "base case" adalah mengakibatkan penurunan rata-rata biaya pembangkitan dari "base case" sebesar 8,3%, untuk biaya pembangkitan yang berbahan bakar nuklir rata-rata sebesar 8,8%, dimana GMTHR, AP-600, NP-300 merupakan pembangkit yang mengalami penurunan terbesar (9,1%) terhadap "base case", sedangkan untuk penurunan terkecil (7,8%) adalah pembangkit PBMR, sedangkan untuk biaya pembangkitan berbahan bakar fosil rata-rata sebesar 7,7%, dimana Oil-CC dan Gas-CC merupakan pembangkit yang mengalami penurunan terbesar (9,1%) terhadap "base case", sedangkan untuk penurunan terkecil (4,9%) adalah pembangkit batubara.

Tabel 7. Faktor kapasitas (high case)

Cap.Fac.High case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
invesment	Mills/kWh	36.90	20.24	30.63	41.12	23.43	8.33	9.08
O&M	Mills/kWh	8.22	1.77	8.01	12.71	2.69	4.83	0.02
Fuel	Mills/kWh	8.74	4.00	11.99	13.49	24.12	29.68	31.71
Total	Mills/kWh	53.86	26.01	50.63	67.32	50.24	42.84	40.81

c. Masa Konstruksi

Untuk skenario "high case", masa konstruksi ditambah 10% dari "base case", total biaya pembangkitan listrik termahal adalah NP-300 sebesar 75,14 mills/kWh. Sedangkan yang termurah adalah PBMR sebesar 28,42 mills/kWh (Tabel 8.). Kalau dihitung rata-rata biaya pembangkitan listrik akibat masa konstruksi yang dipercepat sebesar 10% dari "base case" adalah rata-rata kenaikan biaya pembangkitan dari "base case" sebesar 0,9%, untuk biaya pembangkitan yang berbahan bakar nuklir rata-rata sebesar 1,3%, dimana AP-600 dan NP-300 merupakan pembangkit yang mengalami kenaikan terbesar (1,3%) terhadap "base case", sedangkan untuk kenaikan terkecil (0,8%) adalah pembangkit PBMR, sedangkan untuk biaya pembangkitan berbahan bakar fosil rata-rata sebesar 1,3%, dimana "Coal" merupakan pembangkit yang mengalami kenaikan terbesar (0,9%) terhadap "base case", sedangkan untuk kenaikan terkecil (0,3%) adalah pembangkit Gas Combine Cycle.

Tabel 8. Masa Konstruksi (high case)

Cap.Time.High case		GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
invesment	Mills/kWh	41.37	22.47	34.51	46.33	26.26	9.29	10.13
O&M	Mills/kWh	9.05	1.95	8.81	13.98	2.95	5.32	0.03
Fuel	Mills/kWh	9.62	4.00	13.19	14.84	24.12	32.65	34.88
Total	Mills/kWh	60.03	28.42	56.51	75.41	53.34	47.26	45.04

Rangkuman Hasil Analisis Kepekaan

Tabel 9. dan 10. menunjukkan rangkuman hasil dari ketiga buah skenario dan ketiga buah parameter yang dipakai dalam perhitungan. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi "discount rate" dan semakin lama waktu konstruksinya, maka semakin mahal biaya pembangkitan yang dihasilkan, sebaliknya semakin besar faktor kapasitasnya maka biaya pembangkitannya semakin rendah.

Tabel 9. Hasil perhitungan biaya pembangkitan dengan berbagai skenario

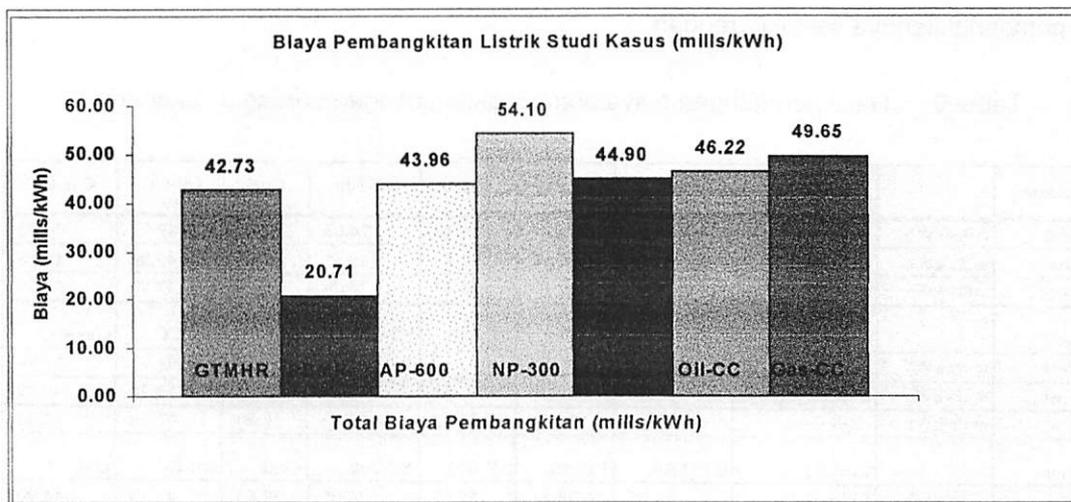
Disc.Rate		DR	GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
Gen.cost	mills/kWh	Base case	59.25	28.21	55.70	74.05	52.85	47.13	44.90
Gen.cost	mills/kWh	Low Case	55.40	26.28	52.43	69.57	50.53	46.29	44.26
Gen.cost	mills/kWh	High Case	63.27	30.19	59.14	78.76	55.28	47.99	45.59
Cap.Fac.		Cap.Fac	GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
Gen.cost	mills/kWh	Base case	59.25	28.21	55.70	74.05	52.85	47.13	44.90
Gen.cost	mills/kWh	Low Case	65.83	30.90	61.88	82.28	56.04	52.36	49.89
Gen.cost	mills/kWh	High Case	53.86	26.01	50.63	67.32	50.24	42.84	40.81
Cons.Time.		Cons.Time	GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
Gen.cost	mills/kWh	Base case	59.25	28.21	55.70	74.05	52.85	47.13	44.90
Gen.cost	mills/kWh	Low Case	58.48	28.00	54.90	72.98	52.37	47.00	44.76
Gen.cost	mills/kWh	High Case	60.03	28.42	56.51	75.14	53.34	47.26	45.04

Tabel 10. Pengaruh skenario analisis kepekaan terhadap skenario "base case"

DR	GMTHR	PBMR	AP-600	NP-300	Coal	Oil-CC	Gas-CC
Base case	-	-	-	-	-	-	-
Low Case	-6.5%	-6.8%	-5.9%	-6.0%	-4.4%	-1.8%	-1.4%
High Case	6.8%	7.0%	6.2%	6.4%	4.6%	1.8%	1.5%
Cap.Fac							
Base case	-	-	-	-	-	-	-
Low Case	11.1%	9.5%	11.1%	11.1%	6.0%	11.1%	11.1%
High Case	-9.1%	-7.8%	-9.1%	-9.1%	-4.9%	-9.1%	-9.1%
Cons.Time							
Base case	-	-	-	-	-	-	-
Low Case	-1.3%	-0.7%	-1.4%	-1.4%	-0.9%	-0.3%	-0.3%
High Case	1.3%	0.8%	1.5%	1.5%	0.9%	0.3%	0.3%

Perbandingan Dengan Biaya Pembangkitan Lainnya

Untuk membandingkan dengan hasil studi kasus yang lain, maka dilakukan penghitungan kembali dengan data dan skenario yang sama. Hasil perhitungan studi kasus pada makalah ini dengan menggunakan data dan asumsi "discount rate" 5%, umur ekonomis 30 tahun, faktor kapasitas 75%, maka untuk biaya pembangkitan listrik untuk proyeksi tahun 2005-2010 (cents US\$/kWh) pada pembangkit berbahan nuklir rata-rata sebesar 4,038 cents/kWh, untuk berbahan bakar batubara sebesar 4,49 cents/kWh, dan gas sebesar 4,96 cents/kWh (Gambar 2.). Dan bila kita bandingkan dengan hasil studi dari beberapa negara yang dirangkum oleh OECD/NEA dengan data dan asumsi yang sama [4], seperti yang tercantum dalam Tabel 11., maka studi kasus pada makalah ini menghasilkan biaya pembangkitan listrik yang mendekati hasil studi di negara Spanyol.



Gambar 2. Perbandingan biaya pembangkitan listrik untuk proyeksi tahun 2005-2010 (cents US\$/kWh) untuk studi kasus.

Tabel 11. Perbandingan biaya pembangkitan listrik untuk proyeksi tahun 2005-2010 (cents US\$/kWh) pada beberapa negara dengan studi kasus.

Nama Negara	Nuklir	Batubara	Gas
Perancis	3,22	4,64	4,74
Rusia	2,69	4,63	3,54
Jepang	5,75	5,58	7,91
Korea	3,07	3,44	4,25
Spanyol	4,10	4,22	4,79
USA	3,33	2,48	2,33-2,71
Kanada	2,47-2,96	2,92	3,00
China	2,54-3,08	3,18	-
Studi kasus	4,04*)	4,49	4,96

"discount rate" =5%, umur ekonomis = 30 tahun, faktor kapasitas = 75%.

*) rata-rata dari keempat pembangkit nuklir yang dikaji (Gambar 2).

KESIMPULAN

Dengan menggunakan program LEGECOST pada skenario "base case", maka pembangkit berbahan nuklir PBMR merupakan yang paling rendah biaya pembangkitan listriknya, yaitu sekitar 28,21 mills/kWh dan yang paling tinggi adalah NP-300 (PWR) sekitar 74,05 mills/kWh, sedangkan pembangkit batubara (Coal) sebesar 52,85 mills/kWh dan Gas Combine Cycle sebesar 44,90 mills/kWh. Parameter yang paling berpengaruh dalam analisis kepekaan terhadap biaya pembangkitan adalah faktor kapasitas, kemudian "discount rate", dan yang terkecil pengaruhnya adalah masa konstruksi pada kasus yang dikaji. Sehingga dapat disimpulkan pula bahwa semakin maju teknologi yang digunakan dan semakin besar kapasitas pembangkitnya maka semakin murah pembangkit nuklir tersebut.

Reaktor Temperatur Tinggi (PBMR) merupakan alternatif terbaik secara ekonomi diantara beberapa pembangkit listrik lain yang dikaji, walaupun belum dibuat secara komersial akan tetapi diharapkan bermanfaat untuk masa yang akan datang.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] IAEA, Cogeneration and Desalination Economic Evaluation Software, DEEP.2, 1997.
- [2] Tim Kelompok Ekonomi-Energi Tim RST-BATAN, ASPEK EKONOMI REAKTOR SUHU TINGGI (RST), "Suatu tinjauan dalam kemungkinan aplikasinya di Indonesia", 1999.
- [3] Nicholls, Status of the Pebble Bed Modular Reactor, ESKOM, 1998.
- [4] OECD / NEA, Projected Cost of Generating Electricity, 1998.