

Pengaruh Faktor-Faktor Keekonomian Terhadap Biaya Investasi PLTN SMR

Nuryanti¹⁾, Elok Satiti Amitayani²⁾, Mochamad Nasrullah³⁾, Suparman⁴⁾

^{1,2,3,4)} Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir (PKSEN)-BATAN
Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710
Telp/Fax: (021) 5204243
nuryanti@batan.go.id

Abstrak

PLTN SMR (*Small Medium Reactor*) merupakan salah satu alternatif mengatasi ketergantungan terhadap pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) terutama di wilayah Luar Jawa Bali (LJB). Biaya investasi menduduki porsi terbesar dalam komponen penyusun biaya pembangkitan listrik teraras (*levelized unit electricity cost* – LUEC), oleh karena itu perhitungan biaya jenis ini menjadi hal krusial untuk dilakukan. Aplikasi skala ekonomi terhadap PLTN SMR menyebabkan biaya US\$/kWe untuk membangun satu PLTN skala besar (*Large Reactor* – LR) lebih murah dibandingkan dengan membangun beberapa unit PLTN SMR dengan total daya yang sama dengan satu unit PLTN LR tersebut. Terdapat beberapa faktor keekonomian yang berpengaruh terhadap biaya investasi PLTN SMR, yaitu: skala ekonomi, keekonomian waktu konstruksi, keekonomian subsequent serta faktor penyederhanaan desain. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perhitungan biaya investasi dari satu unit PLTN skala besar (PLTN LR 1 x 1000 MWe) dibandingkan dengan biaya investasi dari empat unit PLTN SMR (PLTN SMR 4 x 250 MWe) dengan mempertimbangkan faktor-faktor keekonomian tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika hanya mempertimbangkan skala ekonomi maka biaya investasi PLTN SMR 4 x 250 MWe adalah dua kali lipat dari biaya investasi PLTN LR 1 x 1000 MWe. Sedangkan jika mempertimbangkan semua faktor-faktor keekonomian, maka biaya investasi untuk membangun PLTN SMR 4 x 250 MWe adalah sekitar 18% di atas PLTN LR 1 x 1000 MWe. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi daya tarik bagi pengembangan PLTN SMR di wilayah Luar Jawa Bali.

Kata Kunci: SMR, faktor keekonomian, biaya investasi

1. Pendahuluan

Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional menskenariokan bauran energi primer optimal yang memberi kesempatan kepada energi baru dan terbarukan (termasuk nuklir) untuk berkontribusi hingga sebesar 23% pada tahun 2025, 25% pada tahun 2030 dan 31% pada tahun 2050[1]. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) sebagai salah satu jenis teknologi pembangkitan listrik dapat menjadi salah satu opsi untuk mencapai bauran energi optimal sebagaimana diamanatkan oleh PP tersebut.

Sistem kelistrikan Luar Jawa Bali (LJB) ditandai dengan dua karakteristik utama yaitu: belum terinterkoneksinya sistem transmisi (*isolated area*) dan adanya dominasi pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Dari 4.640 unit pembangkit yang ada di sistem kelistrikan ini, sekitar 4.368 unit (94,14%) adalah PLTD dengan kapasitas terpasang mencapai 36,94 % dari kapasitas total[2]. Fluktuasi harga BBM serta rantai pasok BBM hingga ke lokasi PLTD menjadi persoalan yang menyebabkan tingginya biaya pembangkitan listrik di wilayah ini. Mengingat PLTN skala kecil dan menengah (*Small Medium Reactor* – SMR) cocok untuk dikembangkan di wilayah yang sistem

kelistrikannya belum terinterkoneksi, maka PLTN SMR dapat menjadi salah satu alternatif mengatasi ketergantungan wilayah Luar Jawa Bali terhadap pembangkit berbahan bakar minyak[3,4]. *International Atomic Energy Agency* (IAEA) mendefinisikan PLTN SMR sebagai kategori reaktor dengan kapasitas < 700 MWe[5], namun tata letak dan konsep desain terbaru dimungkinkan untuk kapasitas yang lebih kecil (< 350 MWe)[3,6,7]. Keunggulan SMR diantaranya terletak pada inovasi tingkat tinggi pada desain, peningkatan aspek keselamatan serta adanya versi modular yang memungkinkan lebih singkatnya waktu konstruksi sehingga mengurangi biaya pendanaan[4,8].

Aplikasi skala ekonomi (*economy of scale*) terhadap PLTN SMR menyebabkan biaya investasi US\$/kWe untuk membangun PLTN jenis SMR lebih besar dibandingkan dengan PLTN skala besar (*Large Scale* – LR)[3]. Oleh karena itu, membangun 1 unit PLTN LR akan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan membangun beberapa unit PLTN SMR dengan total daya yang sama dengan 1 unit PLTN LR tersebut. Namun demikian, IEA/NEA (2011) menyebutkan beberapa faktor-faktor keekonomian yang menjadi daya saing ekonomi (*economic competitiveness*) bagi PLTN SMR[3].

Penelitian ini ditujukan untuk menghitung biaya investasi dari 1 unit PLTN skala besar (1 x 1000 MWe) dibandingkan dengan biaya investasi untuk membangun 4 unit PLTN SMR (4x250 MWe) dengan mempertimbangkan beberapa faktor keekonomian tersebut. Perhitungan biaya investasi dipandang penting mengingat biaya ini menduduki porsi terbesar dalam komponen-komponen penyusun biaya pembangkitan listrik teras (sekitar 60-80%), sedangkan biaya operasi & perawatan dan biaya bahan bakar ada pada porsi sisanya[3]. Thomas (2010) telah mencatat pengalaman komposisi biaya pembangkitan listrik PLTN dengan teknologi dari Areva Perancis dimana porsi biaya investasi mencapai sebesar 70%, sedangkan porsi sisanya diisi oleh biaya O&M dan biaya bahan bakar[9]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi daya tarik bagi stakeholder untuk mengembangkan PLTN SMR di wilayah *isolated area* sebagai solusi mengatasi krisis listrik.

2. Metode

2.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini difokuskan pada faktor-faktor keekonomian yang berpengaruh terhadap biaya investasi PLTN SMR. Sebagai dasar/ basis perhitungan akan digunakan data biaya investasi (Overnight cost) PLTN skala besar (*Large Reactor-LR*), selanjutnya penentuan biaya investasi PLTN SMR dilakukan dengan aplikasi hukum skala (*scaling law*).

2.2 Metode Analisis Data

Analisis data didasarkan pada studi literatur bahwa faktor-faktor keekonomian yang mempengaruhi biaya investasi PLTN SMR antara lain meliputi[3]:

- a. Keekonomian skala/ ukuran daya reaktor (*economy of scale*)

Skala ekonomi merupakan konsep yang terkait dengan fungsi biaya dalam suatu proses produksi. Konsep ini menggambarkan perubahan total biaya produksi proporsional terhadap perubahan *output* produksi[10].

Persamaan matematis yang menunjukkan konsep skala ekonomi adalah hukum skala (*scaling-law*) yang dinyatakan dalam persamaan 1)[3]. Persamaan ini memungkinkan seorang insinyur untuk mengestimasi biaya dari suatu peralatan dengan kapasitas yang berbeda jika ukuran kapasitas yang lain telah diketahui[11].

$$\text{Biaya}(P_1) = \text{Biaya}(P_0) \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^n \quad 1)$$

Dimana:

Biaya (P_1) = Biaya pembangkit berkapasitas P_1

Biaya (P_2) = Biaya pembangkit berkapasitas P_0

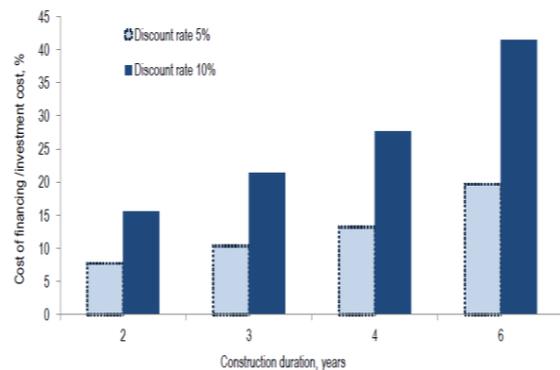
n = Faktor skala

Most probable value faktor skala (n) diasumsikan berada pada interval 0,45 – 0,6 dengan rata-rata $n = 0,51$ [3].

- b. Keekonomian waktu konstruksi (*Economy of construction periode*)

Waktu konstruksi berpengaruh signifikan terhadap biaya investasi PLTN. Hal ini mengingat bahwa waktu konstruksi sangat terkait dengan biaya pendanaan (*cost of financing*) yang terwujud sebagai biaya bunga selama masa konstruksi (*Interest During Construction – IDC*). IDC terjadi karena selama waktu konstruksi Perusahaan PLTN (Nuclear Power Plant Company) belum memiliki uang tunai (kas) untuk membayar bunga atas pinjaman (*loan*) biaya investasi. IEA/NEA (2011) menyebutkan bahwa lebih singkatnya waktu konstruksi PLTN SMR dibanding PLTN skala besar (3 tahun Vs 6 tahun) akan menghasilkan IDC yang lebih rendah[3].

Gambar 1 menunjukkan biaya pendanaan (Cost of financing) sebagai fungsi dari waktu konstruksi pada *discount rate* 5% dan 10%[3].



Gambar 1. Cost of Financing as Function of Construction Duration (International Energy Agency/ Nuclear Energy Agency, 2011)

Berdasar Gambar 1, diketahui bahwa pengurangan biaya investasi sebagai akibat dari lebih rendahnya IDC adalah sekitar 9,3% pada *discount rate* 5% dan 20% pada *discount rate* 10%. Oleh karena itu pengurangan biaya investasi akibat lebih singkatnya waktu konstruksi makin signifikan pada *discount rate* yang makin besar.

- c. Keekonomian membangun banyak unit dalam satu lokasi (*Economy of subsequent*)

Membangun reaktor dalam satu urutan (*series*) akan berpengaruh terhadap pengurangan biaya investasi yang cukup signifikan. Hal ini tentu saja disebabkan oleh karena pengorganisasian

yang lebih baik pada pekerjaan konstruksi, learning effect, volume pemesanan peralatan dan material yang lebih besar, dll[3].

Berdasar pengalaman Perancis, dirumuskan suatu algoritma biaya investasi PLTN. Jika T_0 adalah biaya standar membangun satu unit PLTN pada suatu tapak, maka[12]:

- Biaya PLTN pertama: $T = (1+x) T_0$
- Biaya PLTN berikutnya (jika 1 unit/tapak) = T_0
- Biaya unit ke-2 pada satu tapak dengan satu pasang PLTN = yT_0
- Biaya unit ke-3 pada satu tapak dengan dua pasang PLTN = zT_0
- Biaya unit ke-4 pada satu tapak dengan dua pasang PLTN = yT_0

Dimana:

$x = 15\% - 55\%$ (biaya ekstra untuk PLTN FOAK – *first of a kind technology*)

$y = 74\% - 85\%$

$z = 82\% - 95\%$

$k = 0\% - 2\%$

Algoritma tersebut menunjukkan bahwa PLTN FOAK akan memerlukan biaya ekstra sekitar 15% - 55% dari biaya standarnya. Karena Indonesia bukanlah negara pengembang teknologi PLTN pertama kali maka PLTN yang menjadi referensi dalam penelitian ini adalah PLTN non-FOAK.

Jika dua pasang (*twin units*) PLTN non – FOAK dibangun pada satu lokasi tapak, maka pengurangan biaya per unit akan sebesar = 0,81 – 0,9[12].

d. Faktor Penyederhanaan Desain (*Design Simplification Factor*)

Pada beberapa kasus desain SMR dapat disederhanakan terkait dengan kesamaan garis teknologi, dengan menggabungkan fitur-fitur desain tertentu yang menjadi kekhususan PLTN jenis ini.

IAEA (2010) menyebutkan bahwa faktor penyederhanaan desain pada SMR jenis IRIS 335 MWe, suatu PWR dengan desain integral sirkuit primer, yang dikembangkan oleh Westinghouse adalah sebesar 0,85. Sedangkan faktor penyederhanaan desain pada VBER–300 produksi Rusia adalah sebesar 0,84. Berdasar kedua referensi ini dapat diketahui bahwa faktor penyederhanaan desain mampu mengurangi biaya investasi sekitar 15%[13].

Mengacu pada Boarin, S et al. (2012), nilai faktor-faktor keekonomian (keekonomian waktu konstruksi, keekonomian *subsequent* dan faktor penyederhanaan desain) tersebut dikalikan dan kemudian hasil kalinya dikalikan dengan *overnight cost* PLTN SMR hasil aplikasi hukum skala[14].

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam studi ini dibandingkan biaya investasi 1 unit PLTN LR (1 x 1000 MWe) dengan 4 unit PLTN SMR (4 x 250 MWe). Beberapa parameter terkait dengan PLTN yang dibandingkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Terkait PLTN yang Dibandingkan

| Keterangan | Nilai |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Daya PLTN yang dibandingkan | 1 x 1000 Mwe Vs 4 x 250 Mwe |
| n (faktor skala) | 0,5 |
| Discount rate | 10% |
| Tahun dasar | 2012 |

Biaya investasi PLTN terdiri atas: *EPC cost* (*Engineering Procurement Construction*), *development cost* dan *other cost*[15], dan sering diistilahkan sebagai biaya sesaat (*Overnight Cost - OC*). Tabel 2 menyatakan *Overnight cost* PLTN skala besar yang diambil dari nilai rata-rata beberapa referensi. Nilai-nilai *Overnight Cost* ini telah dikonversi dari tahun estimasi ke tahun dasar (reference year) dengan menggunakan *Power Capital Cost Index* (PCCI)[16].

Tabel 2. *Overnight Cost* PLTN Skala Besar

| No | Tahun Estimasi | Referensi | <i>Overnight Cost</i> (US\$/kWe) | Keterangan |
|--|----------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1 | 2007 | Du & Parsons (2009)[17] | 5.261 | Status: Operasi |
| 2 | 2007 | MIT (2009) [18] | 4.149 | perkiraan |
| 3 | 2006 | Schlissel& Biewald, 2008[19] | 5.186 | perkiraan |
| 4 | 2007 | Schlissel& Biewald, 2008[19] | 4.550 | Perkiraan |
| 5 | 2009 | EPRI (2009) [20] | 4.214 | Perkiraan |
| 6 | 2009 | US DOE (2009) [20] | 4.713 | Perkiraan |
| 7 | 2020 | EIA (2010) [20] | 5.481 | Perkiraan |
| Rata-rata <i>Overnight Cost</i> (US\$/kWe) | | | 4.793 | |

Berdasar Tabel 2 diasumsikan bahwa biaya investasi PLTN LR 1 x 1000 MWe dalam studi ini adalah sebesar 4.793 US\$/kWe.

Biaya investasi PLTN SMR 250 MWe dihitung dengan menggunakan hukum skala (persamaan 1). Dengan aplikasi hukum skala, selanjutnya diperoleh biaya investasi untuk PLTN SMR 4 x 250 MWe yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya Investasi PLTN SMR 4 x 250MWe Jika Hanya Mempertimbangkan Hukum Skala

| Daya PLTN yang dibandingkan | Overnight Cost (US\$/kWe) | Total Biaya Investasi (US\$) |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1x 1000 MWe | 4.793 | 4.793.000.000 |
| 4 x 250 MWe | 9.586 | 9.586.000.000 |

Berdasar Tabel 3 diketahui bahwa dengan aplikasi hukum skala diperoleh biaya overnight cost PLTN SMR 250 MWe yaitu sebesar 9.586 US\$/kWe. Jika hanya mempertimbangkan hukum skala, maka total biaya investasi untuk membangun 4 unit PLTN SMR berdaya 250 MWe diperoleh dengan mengalikan biaya *overnight cost* (US\$/kWe) dengan total daya (4 x 250 MWe = 1000 MWe) yaitu sebesar 9,6 Milyar US\$ atau sekitar dua kali lipat (200%) dari biaya untuk membangun 1 unit PLTN skala besar (PLTN LR 1 x1000 MWe).

Namun jika faktor-faktor keekonomian dipertimbangkan, maka biaya investasi untuk membangun 4 unit PLTN SMR berdaya 250 MWe diperoleh dengan mengalikan nilai dari masing-masing faktor keekonomian dengan *Overnight cost* hasil aplikasi hukum skala terhadap PLTN skala besar. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasar Tabel 4 diketahui bahwa jika faktor-faktor keekonomian dipertimbangkan, maka total biaya investasi untuk membangun 4 unit PLTN SMR berdaya 250 MWe adalah sebesar 5,7 milyar US\$. Nilai ini tentu jauh dibawah total biaya investasi PLTN SMR 4 x 250 MWe jika hanya mempertimbangkan hukum skala (9,6 milyar US\$). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor keekonomian, maka rasio total biaya investasi untuk membangun PLTN SMR 4 x 250 MWe terhadap PLTN LR 1 x 1000 MWe adalah sebesar 1,18. Hal ini berarti, total biaya investasi dari PLTN SMR 4 x 250 MWe adalah 18% lebih tinggi dari total biaya investasi PLTN LR 1 x 1000 MWe.

Hasil perhitungan ini menunjukkan adanya daya saing ekonomi (*economic competitiveness*) yang dimiliki oleh PLTN SMR, sehingga PLTN jenis ini dapat menjadi solusi bagi wilayah-wilayah yang tidak memungkinkan untuk membangun PLTN skala besar (terkait dengan persyaratan stabilitas jaringan). Dengan adanya faktor-faktor keekonomian tersebut tentu menjadi daya tarik bagi para pemangku kepentingan untuk

mengembangkan PLTN SMR khususnya di wilayah *isolated area*.

Tabel 4. Biaya Investasi PLTN SMR 4 x 250 MWe dengan Mempertimbangkan Faktor-faktor Keekonomian

| Keterangan | US\$/kWe | Total (US\$) |
|--|-------------|---------------|
| Overnight Cost (OC) untuk 1 unit | | |
| PLTN LR 1 x 1000 MWe | 4.793 | 4.793.000.000 |
| PLTN SMR 1 x 250 Mwe | 9.586 | 2.396.500.000 |
| OC 4 unit PLTN SMR 250 Mwe (US\$) | | 9.586.000.000 |
| Faktor-faktor Ekonomi Nilai | | |
| Keekonomian Waktu Konstruksi | 0,86 | |
| Keekonomian <i>subsequent</i> | 0,81 | |
| Faktor Penyederhanaan Desain | 0,85 | |
| Hasil Kali Faktor | 0,59 | |
| OC 1 unit PLTN SMR 250 Mwe setelah mempertimbangkan Faktor Keekonomian | | 1.418.991.615 |
| OC 4 unit PLTN SMR 250 Mwe setelah mempertimbangkan Faktor Keekonomian | | 5.675.966.460 |
| Rasio Overnight Cost PLTN SMR 4 x 250 MWe terhadap PLTN LR 1 x 1000 MWe | | 1,18 |

Selain itu berbasis pada hasil perhitungan biaya investasi ini, selanjutnya perlu dikembangkan analisis kelayakan finansial PLTN SMR yang spesifik untuk kasus Indonesia dengan mempertimbangkan faktor-faktor keekonomian tersebut. Model INCAS (*INtegrated Model for The Competitiveness Assessment of SMRs*) yang dikembangkan oleh Politecnico di Milano merupakan salah satu model untuk melakukan analisis kelayakan finansial yang mampu mengakomodasi fitur-fitur keekonomian yang menjadi kekhususan PLTN SMR (sering diistilahkan dengan “*economies of multiples*”) sehingga mampu menjawab isu *loss of economies* akibat aplikasi skala ekonomi jika dibandingkan dengan PLTN skala besar[14]. Gambar 2. memberikan ilustrasi alternatif jadwal konstruksi satu unit PLTN skala besar (PLTN LR 1 x 1000 MWe) dan 4 unit PLTN SMR 250 MWe (PLTN SMR 4 x 250 MWe)[3].

| Tahun | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| LR (1 x 1000 MWe) | | | | | | | | | | | | | | | |
| SMR#1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SMR#2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SMR#3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SMR#4 | | | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 2. Jadwal Konstruksi PLTN LR 1 x 1000 MWe Vs PLTN SMR 4 x 250 MWe (International Energy Agency/ Nuclear Energy Agency, 2011)

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor keekonomian yang menjadi daya saing (*economic competitiveness*) bagi PLTN SMR yaitu: skala ekonomi (*economy of scale*), keekonomian waktu konstruksi, keekonomian *subsequent* serta faktor penyederhanaan desain. Jika hanya mempertimbangkan skala ekonomi maka total biaya investasi untuk membangun PLTN SMR 4 x 250 MWe adalah sekitar dua kali lipat (200%) dari biaya investasi untuk membangun PLTN LR 1 x 1000 MWe. Sedangkan jika mempertimbangkan semua faktor-faktor keekonomian, maka biaya investasi untuk membangun PLTN SMR 4 x 250 MWe adalah sekitar 18% di atas biaya investasi untuk membangun PLTN LR 1 x 1000 MWe. Adanya daya saing ekonomi ini dapat menjadi daya tarik bagi pengembangan PLTN SMR di wilayah Luar Jawa Bali.

Daftar Pustaka

- [1] _____, (2014), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No, 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, Jakarta,
- [2]. PT PLN (Persero), (Mei 2014), Statistik PLN 2013, Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero), Jakarta, ISSN No, 0852- 8179,
- [3]. IEA/ NEA. (Juni 2011). *Current Status. Technical Feasibility and Economics of Small Nuclear Reactors*. OECD. Paris.
- [4]. Locatelli, G. dan Mancini, M., (2010), Small-medium Sized Nuclear, Coal and Gas power plant: A Probabilistic Analysis of Their Performances and Influence of CO₂ Cost, *Energy Policy*, 38,6360-6374
- [5]. IAEA. (2013). *Approaches for Assessing the Economic Competitiveness of Small and Medium Sized Reactors*. IAEA Nuclear Energy Series NP-T-3.7. IAEA. Vienna. Austria.
- [6]. Petrovic, B., Ricotti, M., Monti,S., Cavlina,N. , dan Ninokata,H. , (2012),

- Pioneering Role of IRIS in the Resurgence of Small Modular Reactors, *Nuclear Technology*, Vol, 178, no, 2, pp, 126-152,
- [7]. Reyes, J. and Lorenzini,P. , (2010), NuScale: A Modular, Scalable Approach to Commercial Nuclear Power, *Nuclear News*.
- [8]. Boarin, S. dan Ricotti, M., (2014), Research Article: An Evaluation of SMR Economic Attractiveness, Hindawi Publishing Corporation, *Science and Technology of Nuclear Installations*, Volume 2014, Article ID 803698.
- [9]. Thomas,S. , (March 2010), The economic of nuclear power: An update, Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung, [online], Diakses di <http://www.psiru.org/> [03 Februari 2012]
- [10]. Johnston, A. dan Ozment, J., (2013), Economies of scale in the US airline industry, *Elsevier*, Transportation Research Part E 51, 95–108
- [11]. PT PLN (Persero), PT LAPI ITB & JAPC, (2013), Feasibility Study for Bangka Nuclear Power Plant Project – Non Site aspect.
- [12]. IEA/ NEA, (2000), Reduction of apital Cost of Nuclear Power Plants, OECD, Paris.
- [13].IAEA,(2009), Approaches to Assess Competitiveness of Small and Medium Sized Reactors, Proceedings of the International Conference on Opportunities and Challenges for Water Cooled Reactors in the 21st Century, 27 – 30 October 2009, Paper 1S01
- [14]. Boarin,S. , Locatelly, G., Mancini, M., dan Ricotti, M. E., (2012), Financial Case Studies on Small and Medium – Size Modular Reactors, *Nuclear Technology*, Vol 178, May 2012
- [15]. PPEN-BATAN & Puslitbang PT PLN (Persero), (2006), Studi Ekonomi, Pendanaan dan Struktur “owner” dalam Rangka Rencana Persiapan Pembagunan PLTN Pertama di Indonesia, PLN, Jakarta.
- [16] _____, Power Capital Cost Index (PCCI) North America, [online], Diakses di <http://www.ihscera.com/> [05 Mei 2014]
- [17]. Du, Y., dan Parsons, E. J., (2009), Update on The Cost of Nuclear Power, Center for Energy and Environmentally Research (CEEPR)
- [18]. MIT, (2009), Update of the MIT 2003 Future of Nuclear Power Study,

Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, MA, United States

- [19]. Schlissel, D. dan Biewald, B.(2008), Nuclear Power Plant Construction Costs, [online], Diakses di <http://www.synapse-energy.com/Downloads/SynapsePaper,2008-07.0,Nuclear-Plant-ConstructionCosts,A0022.pdf> [3 Februari 2015]
- [20]. Welling, C., (Desember 2010), SMR Financing and Economics, The Nuclear Option: Is Small Scale Nuclear Energy an Option for Alaska?, USDOE.