

Analisis Kelayakan Finansial Proyek PLTN SMR di Indonesia Dengan Pendekatan Probabilistik: Studi kasus pengaruh penambahan jumlah variabel ketidakpastian

Nuryanti, Suparman & Elok S. Amitayani

Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir (PKSEN), Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN)
Jalan Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710
Telp /Fax: +62 21 5204243, E-mail : nuryanti@batan.go.id
* Penulis Koresponden

Abstrak – PLTN SMR merupakan salah satu alternatif teknologi pembangkitan yang dapat diusulkan di wilayah Luar Jawa Bali (LJB), terkait dengan karakteristik jaringan kelistrikkannya serta untuk mengemban amanat PP No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Pada proyek PLTN (tak terkecuali PLTN SMR) dimungkinkan terjadinya ketidakpastian, sehingga diperlukan analisis kelayakan finansial proyek yang mempertimbangkan kemungkinan terjadinya ketidakpastian yaitu dengan pendekatan probabilistik. Telah dilakukan dua penelitian untuk menganalisis kelayakan finansial proyek PLTN SMR di Indonesia dengan pendekatan probabilistik yaitu pada tahun 2015 dan 2016. Penelitian tahun 2015 memasukkan 8 variabel ketidakpastian, yaitu: biaya investasi, harga Uranium alam (U_3O_8), biaya pengkayaan Uranium, faktor kapasitas, tingkat inflasi Rupiah, nilai tukar, harga jual listrik dan LIBOR (London Interbank Offered Rate). Penelitian Tahun 2016 memasukkan 11 variabel ketidakpastian yaitu 8 variabel pada penelitian 2015 dan 3 variabel tambahan yaitu: waktu konstruksi, CIRR (Commercial Interest Reference Rate) dan O&M Cost. Makalah ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan 3 variabel ketidakpastian pada penelitian tahun 2016 tersebut terhadap kelayakan finansial proyek PLTN SMR yang dibandingkan dengan hasil penelitian tahun 2015. Kedua penelitian dilakukan dengan teknik Monte Carlo dan indikator kelayakan yang digunakan adalah NPV (Net Present Value) dan IRR (Internal Rate of Return). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua proyek layak dijalankan ditunjukkan dengan nilai rata-rata NPV kedua proyek yang bernilai positif (US\$ 135.324.004 pada penelitian tahun 2015 dan US\$ 174.715.344 pada penelitian tahun 2016) dan rata-rata IRR proyek yang lebih besar dari MARR (10,65% pada penelitian tahun 2015 dan 10,67% pada penelitian tahun 2016), dimana MARR ditetapkan 10%. Pada penelitian dengan 8 variabel ketidakpastian (tahun 2015), tiga variabel yang paling berpengaruh terhadap proyek adalah: harga jual listrik, biaya investasi dan tingkat inflasi. Sedangkan pada penelitian dengan 11 variabel ketidakpastian (tahun 2016), tiga variabel yang paling berpengaruh terhadap proyek adalah: harga jual listrik, waktu konstruksi dan tingkat inflasi, sedangkan variabel biaya investasi bergeser ke peringkat ke-4. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel waktu konstruksi lebih berpengaruh terhadap kelayakan finansial proyek dibanding biaya investasi.

Kata kunci: financial feasibility, SMR NPP, uncertainties, NPV, IRR.

1 Pendahuluan

Sistem kelistrikan Luar Jawa Bali (LJB) ditandai dengan sistem transmisinya yang belum seluruhnya terinterkoneksi. Sistem kelistrikan Kalimantan Timur misalnya, dari 6 sistem yang ada (Mahakam, Petung, Tanah Grogot, Melak, Sangatta dan Berau), sistem Mahakam lah satu-satunya

sistem yang lain masih merupakan sistem yang terisolasi[1]. Wilayah LJB juga merupakan daerah masuk kategori masih mengalami krisis penyediaan energi listrik, sehingga menjadi penting untuk dilakukan penambahan pembangkit baru sebagai respon terhadap permintaan energi listrik yang terus meningkat. Sistem kelistrikan yang ada di wilayah ini umumnya merupakan sistem berukuran

kecil. Sebagai contoh, pada tahun 2015 sistem pembangkitan Sumatra Bagian Utara (Sumbagut) memiliki total kapasitas terpasang sebesar 2.620,6 MW. Pada tahun yang sama, sistem interkoneksi Jawa Bali memiliki total kapasitas terpasang sebesar 27.579 MW[2].

Kapasitas terpasang pembangkit baru yang diijinkan adalah sekitar 10% dari total kapasitas terpasang sistem. Untuk wilayah Sumbagut ini, berarti pembangkit yang diusulkan berkapasitas sekitar 200 MW. Dengan kata lain pembangkit berukuran kecil atau sedang merupakan pilihan yang cocok untuk dikembangkan di wilayah LJB. Untuk pilihan teknologi nuklir, PLTN SMR (*Small Medium Reactor*) merupakan jenis teknologi yang cocok untuk dikembangkan di wilayah LJB, terkait dengan karakteristik jaringanelistrikkannya yang masih kecil (*small grid*) dan belum seluruhnya terinterkoneksi[3,4]. Selain itu, PLTN SMR ini diusulkan guna mengemban amanat PP No 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang menargetkan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) yang terus meningkat dalam bauran energi nasional, yaitu dari sebesar 5% pada tahun 2015 menjadi sebesar 25% pada tahun 2025 dan ditargetkan meningkat lagi menjadi sebesar 31% pada tahun 2050[5]. Hal ini mengingat adanya dominasi PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) pada sistem kelistrikan LJB selama ini. Data tahun 2014 menunjukkan bahwa dari 4.640 unit pembangkit yang ada di wilayah LJB, sejumlah 4.368 unit (sekitar 94,14%) merupakan jenis PLTD, padahal minyak bumi sebagai bahan bakar PLTD merupakan jenis energi yang tidak dapat diperbarui[2].

Bagi negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, masalah finansial menjadi tantangan terbesar dalam program pembangunan PLTN, mengingat sifat proyek PLTN sebagai proyek padat modal dan padat teknologi serta rentan terhadap terjadinya sejumlah variabel ketidakpastian. Biaya investasi, fluktuasi harga bahan bakar serta waktu konstruksi merupakan beberapa contoh variabel ketidakpastian tersebut. Oleh karena itu menjadi penting untuk dilakukan analisis kelayakan finansial yang mampu mengakomodasi kemungkinan terjadinya variabel-variabel ketidakpastian tersebut, yaitu dengan pendekatan probabilistik [6].

Nuryanti, et all (2015) telah melakukan penelitian kelayakan finansial pada proyek PLTN SMR di Indonesia dengan mempertimbangkan terjadinya sejumlah variabel ketidakpastian[7]. Variabel-variabel ketidakpastian yang dimasukkan dalam penelitian tersebut mengacu pada Rothwell (2011) ditambah dengan beberapa variabel yang terkait dengan parameter finansial[8]. Sehingga total ada 8 variabel ketidakpastian yang dimasukkan pada penelitian tersebut, yaitu: 1) biaya investasi, 2) harga Uranium alam, 3) harga pengayaan Uranium, 4) faktor kapasitas, 5) tingkat inflasi Rupiah, 6) nilai tukar (*exchange rate*), 7) harga jual listrik dan 8) *LIBOR* (*London Interbank Offered Rate*). Indikator kelayakan finansial yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah Nilai Kini Bersih (*Nett Present Value – NPV*) dan Tingkat Pengembalian Internal (*Internal Rate of Return – IRR*) [9]. Hasil dari penelitian tersebut berupa suatu fungsi distribusi NPV dan IRR dengan

masing-masing memiliki nilai-nilai minimum, maksimum, rata-rata (*mean*) dan standar deviasi. Selain itu penelitian tersebut juga menghasilkan probabilitas tertolaknya proyek yang tercermin pada probabilitas terjadinya NPV negatif ($NPV < 0$) dan probabilitas $IRR < MARR$ (Minimum Attractive Rate of Return).

Pada tahun 2016 telah dilakukan penelitian lanjutan terhadap penelitian yang sebelumnya, yaitu dengan menambahkan tiga variabel ketidakpastian sehingga jumlah variabel ketidakpastian yang disimulasikan dalam penelitian tahun 2016 ini menjadi 11 variabel. Tiga variabel yang ditambahkan tersebut adalah: 1) waktu konstruksi, 2) *Commercial Interest Reference Rate* (CIRRs) sebagai tingkat bunga *Export Credit Agency* (ECA), dan 3) *Operation & Maintenance* (O&M) Cost, dimana O&M Cost terdiri atas *variable cost* dan *routine maintenance cost*.

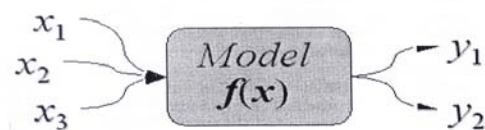
Makalah ini akan membandingkan hasil penelitian kelayakan finansial proyek PLTN SMR dengan memasukkan 11 variabel ketidakpastian dengan hasil penelitian sebelumnya (dimana dimasukkan 8 variabel ketidakpastian). Dengan penelitian lanjutan ini dapat diketahui pengaruh penambahan jumlah variabel ketidakpastian terhadap kelayakan finansial proyek PLTN SMR.

Hasil penelitian lanjutan ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi para pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan investasi pada proyek PLTN SMR di wilayah LJB.

2 Landasan Teori

2.1. Teknik Simulasi Montecarlo

Pada dasarnya simulasi merupakan sebuah metode analitik yang bertujuan untuk membuat tiruan dari sebuah sistem yang mempunyai sifat acak[3]. Simulasi Monte Carlo didahului dengan pengembangan sebuah model deterministik yang memetakan suatu himpunan variabel masukan ke suatu himpunan variabel keluaran dengan beberapa persamaan. Skema tentang model deterministik dapat dilihat pada Gambar 1[10].



Catatan:

x_1, \dots, x_n : variabel-variabel ketidakpastian sebagai masukan (*input*)

y_1, \dots, y_n : variabel-variabel keluaran

Gambar 1. Model deterministik parametrik[7]

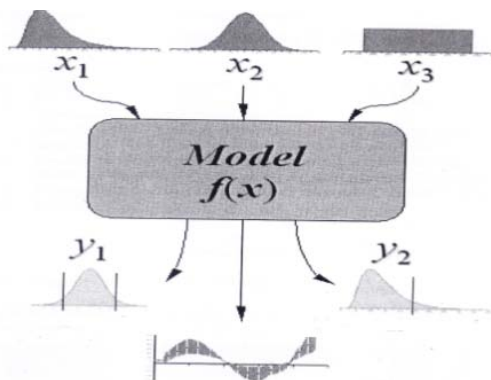
Dalam Simulasi Monte Carlo, model deterministik yang telah dikembangkan dievaluasi secara berulang dengan menggunakan himpunan bilangan acak sebagai masukan. Metode ini sering digunakan bila model bersifat kompleks, nonlinear atau melibatkan banyak parameter tak tentu (*uncertain*) yang saling berhubungan. Perambatan ketidakpastian (*uncertainty propagation*) merupakan prinsip dasar di belakang simulasi Monte Carlo[10]. Skema

dari prinsip perambatan ketidakpastian dapat dilihat pada Gambar 2.

penerimaan kas bersih yang akan terjadi selama umur proyek, sedangkan IRR merupakan tingkat kemampuan

Tabel 1. Parameter tekno-ekonomi PLTN SMR yang dikaji

No	Parameter	Unit	Nilai	Referensi
1	Kapasitas Pembangkit	MW	2 x 100	
2	Kapasitas Faktor	%	93	JAPC(2013)[11]
3	Produksi energi listrik tahunan	MWh	1.629.360	
4	Burn Up	MWd per metric ton U235	40.000	Rothwell (2014)[12]
5	Pemakaian sendiri	%	5,5	
6	Tahun Dasar		2013	
7	Waktu Konstruksi	Tahun	5	
8	Umur Pembangkit	Tahun	40	
9	Nilai tukar	Rp/ US\$	10.504	www.bi.go.id [13]
10	Harga Jual Listrik	Cents US\$/kWh	12	
11	Tingkat Diskonto (<i>discount rate</i>)	%	10	
12	Rasio Pinjaman terhadap Equity		70% : 30%	
13	Porsi Pinjaman			
	Bank X (ECA 1)	%	30	
	Bank Y (ECA 2)	%	30	
	Bank Z (ECA 3)	%	20	
	Bank A' (Bank Komersial)	%	20	
14	CIRR untuk ECA	%	3,27	CIRR OECD[14]
15	Tingkat Bunga Bank Komersial (LIBOR + 5%)	%	5,7	
16	Tingkat Pajak	%	25	UU No 36 th 2008[15]
17	Tingkat Inflasi US\$	%	1,5	http://data.bls.gov [16]
18	Tingkat Inflasi Rp	%	7,9	www.bps.go.id [17]
19	Eskalasi harga Jual Listrik	% per tahun	2	
20	Eskalasi Harga bahan bakar	% per tahun	0,5	
21	Eskalasi Biaya O&M	% per tahun	1,5% (US\$) 7,9% (IDR)	



Catatan:

x_1, \dots, x_n : Fungsi distribusi variabel-variabel ketidakpastian

y_1, \dots, y_n : Fungsi distribusi variabel-variabel keluaran

Gambar 2. Skematis perambatan ketidakpastian[10]

2. 2. Indikator Kelayakan

Indikator kelayakan proyek yang digunakan dalam analisis ini adalah NPV dan IRR. Metode NPV menghitung selisih antara nilai kini dari investasi dengan nilai kini dari

arus kas proyek dalam mengembalikan investasi, yang dinyatakan dalam prosentase[11,12,13].

3 Metodologi Penelitian

3. 1. Parameter Tekno-ekonomi PLTN yang Dikaji

Sebelum dilakukan analisis kelayakan finansial, terlebih dahulu didefinisikan beberapa parameter tekno-ekonomi dari PLTN yang dikaji sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

3. 2. Porsi Pendanaan

Proyek PLTN SMR ini diasumsikan didanai dengan 70% porsi pinjaman dan 30% porsi modal sendiri (equity). Komposisi porsi pinjaman ditunjukkan pada Tabel 2.

No	Jenis Bank	Porsi	Tingkat Bunga
1	Bank X (ECA-1)	30%	3,27%
2	Bank Y (ECA-2)	30%	3,27%
3	Bank Z (ECA-3)	20%	3,27%
4	Bank A' (Bank Komersial)	20%	5,70%

3. 3. Pendefinisian Variabel Ketidakpastian

Dalam penelitian sebelumnya (tahun 2015) telah disimulasikan 8 variabel ketidakpastian yang mana mengakomodasi variabel yang telah diidentifikasi Rothwell

(2011) ditambah dengan beberapa variabel yang berhubungan dengan parameter finansial yaitu: LIBOR (*London Inter Bank*).

sebelumnya (2016 dan 2015) dilakukan dengan teknik simulasi Monte Carlo. Simulasi dilakukan menggunakan paket program @Risk, dengan 1000 kali iterasi.

Tabel 3. Pendefinisian variabel-variabel ketidakpastian pada penelitian tahun 2015(8 variabel ketidakpastian)

No	Variabel Ketidakpastian	Jenis Distribusi	Keterangan
1	Biaya investasi (US\$/kWe)	Triangular minimum = 5.690; <i>most likely</i> = 6.360; maksimum = 7.057	Pengepasan Distribusi dari data historis[18,19,20]
2	<i>Spot Price</i> Uranium alam (U ₃ O ₈) (US\$/kg)	Pearson5 $\alpha = 1,7211$; $\beta = 54,365$	Pengepasan Distribusi dari data historis[21]
3	<i>Spot Price</i> Pengkayaan (SWU)	Logistic $\alpha = 137,99$; $\beta = 10,496$	Pengepasan Distribusi dari data historis[21]
4	Faktor kapasitas (%)	Triangular minimum = 88,65%; <i>most likely</i> = 92,59%; maksimum = 99,19%	Pengepasan Distribusi dari data historis[21]
5	Tingkat inflasi Rupiah (%)	Normal Rata-rata = 7,937% Standar deviasi = 3,86%	Pengepasan Distribusi dari data historis[17]
6	Nilai tukar (Rupiah/US\$)	Lognorm (792,51) $\mu = 1.733,3$; $\sigma = 792,51$	Pengepasan Distribusi dari data historis[13]
7	Harga Jual listrik (Cents US\$/kWh)	Triangular Minimum = 12 <i>Most Likely</i> = 15 Maksimum = 18	[11,22]
8	LIBOR (%)	Triangular Minimum = 0,578% <i>Most Likely</i> = 2,54% Maksimum = 6,468%	Pengepasan Distribusi dari data historis[23]

Offered Rate), nilai tukar, harga jual listrik dan tingkat inflasi Rupiah [7]. 8 variabel ketidakpastian yang disimulasikan pada penelitian tahun 2015 tersebut dinyatakan pada Tabel 3.

Dalam penelitian lanjutan (tahun 2016) ditambahkan lagi 3 variabel ketidakpastian yang disimulasi yaitu: waktu konstruksi, CIRR dan O&M Cost. Pendefinisian ketiga variabel ketidakpastian tersebut dinyatakan pada Tabel 4.

4. Hasil Dan Pembahasan

Analisis kelayakan finansial proyek PLTN SMR 2 x 100 MWe dengan pendekatan probabilistik pada dua penelitian

Tabel 5 menunjukkan statistik hasil simulasi variabel ketidakpastian terhadap indikator kelayakan finansial pada penelitian dengan 8 variabel ketidakpastian, sedangkan Tabel 6 merupakan hasil pada penelitian dengan 11 variabel ketidakpastian.

Berdasar Tabel 5 dan Tabel 6 diketahui bahwa nilai rata-rata NPV yang diperoleh pada kedua penelitian bernilai positif, masing-masing sebesar US\$ 135.324.004 (pada penelitian dengan 8 variabel ketidakpastian) dan US\$ 174.715.344 (pada penelitian dengan 11 Variabel ketidakpastian). Sedangkan untuk nilai IRR proyek maupun IRR Equity, diketahui bahwa kedua penelitian menghasilkan nilai rata-rata IRR proyek maupun IRR Equity yang lebih besar dari MARR. Dimana pada

Tabel 4. Pendefinisian variabel-variabel ketidakpastian pada penelitian tahun 2016 (ditambah 3 variabel ketidakpastian)

No	Variabel Ketidakpastian	Jenis Distribusi	Keterangan
1	Waktu konstruksi (tahun)	Triangular Minimum = 5 <i>Most Likely</i> = 8 Maksimum = 10	Pengepasan Distribusi dari data historis[26]
2	CIRR	Triangular Minimum = 2,75% <i>Most Likely</i> = 3,28% Maksimum = 5,47%	Pengepasan Distribusi dari data historis[14]
3a	Variable O&M Cost (US\$/MWh)	Logistic $\alpha = 0,6315$ $\beta = 0,024$	Pengepasan Distribusi dari data historis[8,27]
b	Routine O&M Cost (US\$/kWe)	Triangular Minimum = 47,20 <i>Most Likely</i> = 47,20 Maksimum = 67,38	Pengepasan Distribusi dari data historis[8,27]

Tabel 5. Hasil Simulasi 8 Variabel Ketidakpastian Terhadap Indikator Kelayakan Finansial (Penelitian Tahun 2015)

Statistik	Indikator Kelayakan Finansial		
	NPV (US\$)	IRR Proyek (%)	IRR Equity (%)
Minimum	-862.805.725	5,45	5,49
Maksimum	641.594.310	13,02	19,96
Rata-rata	135.324.004	10,65	14,29
Standar deviasi	186.420.081	0,89	1,84

Tabel 6. Hasil Simulasi 11 Variabel Ketidakpastian Terhadap Indikator Kelayakan Finansial (Penelitian Tahun 2015)

Statistik	Indikator Kelayakan Finansial		
	NPV (US\$)	IRR Proyek (%)	IRR Equity (%)
Minimum	-1.000.000.000	7,11	6,18
Maksimum	889.126.805	13,91	19,94
Rata-rata	174.715.344	10,67	12,26
Standar deviasi	259.089.749	1,02	2,17

penelitian dengan 8 variabel ketidakpastian diperoleh nilai IRR proyek = 10,65% dan IRR Equity = 14,29%, sedangkan pada penelitian dengan 11 variabel ketidakpastian diperoleh nilai IRR proyek = 10,67% dan IRR Equity = 12,26%. Berdasar nilai rata-rata NPV, IRR proyek dan IRR Equity hasil simulasi pada kedua tabel diketahui bahwa proyek PLTN SMR dinilai layak dijalankan pada “most probable value” harga jual listrik sebesar 15 cent US\$/kWh, karena nilai rata-rata NPV bernilai positif (NPV>0) dan nilai rata-rata baik IRR proyek maupun IRR Equity lebih besar dari MARR.

Standar deviasi menunjukkan dispersi dari suatu variabel. Oleh karena itu, secara statistik nilai variabel sering dinyatakan dengan rata-rata \pm standar deviasi. Jika dinyatakan secara statistik, nilai indikator kelayakan finansial pada Tabel 6 (penelitian dengan 8 variabel) akan menjadi: NPV = US\$ 135,324,004 \pm US\$ 186.420.080, IRR proyek = 10,65% \pm 0,89% dan IRR Equity = 14,29% \pm 1,84%. Sedangkan nilai indikator kelayakan finansial pada Tabel 7 (penelitian dengan 11 variabel) akan menjadi = NPV = US\$ 174,715,344 \pm US\$ 259.089.749, IRR proyek = 10,67% \pm 1,02% dan IRR Equity = 12,26% \pm 2,17%. Tanda “ \pm ” mengindikasikan bahwa nilai variabel tersebut berada dalam interval rata-rata \pm standar deviasi. Nilai indikator kelayakan yang menunjukkan interval rata-rata \pm standar deviasi tersebut diistilahkan dengan “Risk Adjusted”, sehingga disebut dengan *risk adjusted NPV* dan *risk adjusted IRR*.

Nilai standar deviasi yang lebih besar pada penelitian dengan 11 variabel ketidakpastian dibandingkan pada penelitian dengan 8 variabel ketidakpastian menunjukkan potensi resiko yang lebih besar pada proyek yang mempertimbangkan 11 variabel ketidakpastian. Tingkat atau potensi resiko ini tentu sangat bergantung pada pengelolaan atau manajemen resiko yang diterapkan dalam proyek. Pada penelitian dengan 8 variabel ketidakpastian diperoleh bahwa NPV akan berada pada interval -US\$ 51.096.076 – US\$ 321.744.084, IRR proyek pada interval 9,76% – 11,54% dan IRR Equity pada interval 12,45% –

16,13%. Hasil ini menunjukkan bahwa jika variabel-variabel ketidakpastian tersebut dimonitor dengan baik, maka proyek akan mampu mencapai angka NPV sebesar US\$ 321.744.084, namun jika tidak termonitor dengan baik maka bukan tidak mungkin nilai NPV akan turun hingga mencapai angka -US\$ 51.096.076 dimana proyek menjadi tidak layak. Sedangkan pada penelitian dengan 11 variabel ketidakpastian diperoleh hasil bahwa NPV akan berada pada interval -US\$ 84.374.404 – US\$ 433.805.092, IRR proyek pada interval 9,65% – 11,69% dan IRR Equity pada interval 10,09% – 14,43%. Analog dengan analisis sebelumnya hasil ini menunjukkan bahwa jika variabel-variabel ketidakpastian tersebut dimonitor dengan baik, maka proyek akan mampu mencapai angka NPV sebesar US\$ 433.805.092, namun jika tidak termonitor dengan baik maka bukan tidak mungkin nilai NPV akan turun hingga mencapai angka -US\$ 84.374.404 dimana proyek menjadi tidak layak.

Gambar 3 dan Gambar 4 masing-masing menunjukkan diagram Tornado dari NPV dan IRR proyek PLTN SMR pada penelitian yang memasukkan 8 variabel ketidakpastian. Sedangkan Gambar 5 dan Gambar 6 masing-masing menunjukkan diagram Tornado dari NPV dan IRR proyek pada penelitian yang memasukkan 11 variabel ketidakpastian. Diagram Tornado memuat koefisien regresi masing-masing variabel ketidakpastian dan pada dasarnya menyatakan seberapa kuat hubungan antara variabel ketidakpastian terhadap kelayakan finansial proyek. Dengan diagram ini dapat diidentifikasi variabel mana.

5. Simpulan

Hasil penelitian yang memasukkan 8 variabel ketidakpastian (tahun 2015) maupun 11 variabel ketidakpastian (tahun 2016) sama-sama menghasilkan nilai rata-rata NPV yang lebih besar dari nol maupun nilai rata-rata NPV yang lebih besar dari MARR, yang menunjukkan bahwa kedua proyek layak dijalankan pada

“most probable value” harga jual listrik sebesar 15 cents USD/kWh.

Probabilitas tertolaknya proyek adalah sebesar 20% pada penelitian yang memasukkan 8 variabel ketidakpastian dan meningkat menjadi 25% pada penelitian dengan 11 variabel ketidakpastian, yang menunjukkan tingkat resiko yang lebih besar pada penelitian dengan 11 variabel. Berdasarkan diagram Tornado NPV maupun IRR yang diperoleh pada kedua penelitian, diketahui bahwa terdapat 3 (tiga) variabel utama yang paling berpengaruh terhadap kelayakan finansial proyek PLTN SMR yang memasukkan 8 variabel ketidakpastian, yaitu: 1) harga jual listrik, 2) biaya investasi dan 3) tingkat inflasi.

Sedangkan pada proyek PLTN SMR yang memasukkan 11 variabel ketidakpastian, 3 (tiga) variabel utama yang mempengaruhi kelayakan finansial proyek adalah: 1) harga jual listrik, 2) waktu konstruksi dan 3) tingkat inflasi. Oleh karena itu, dengan penambahan variabel ketidakpastian dari 8 menjadi 11 ini dapatlah diketahui bahwa ada 4 (empat) variabel-variabel yang krusial untuk dimonitor sehingga meningkatkan probabilitas diterimanya proyek PLTN SMR, yaitu: 1) harga jual listrik (cent USD/kWh), 2) waktu konstruksi, 3) inflasi mata uang Rupiah dan 4) biaya investasi (*Overnight Cost – OC*).

Kepustakaan

- [1] _____, “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) Tahun 2016 - 2025”, Kementerian ESDM, Jakarta, 2016
- [2] PT. PLN (Persero), “Statistik PLN 2014”, Jakarta, 2014.
- [3] IEA/ NEA, “Current Status. Technical Feasibility and Economics of Small Nuclear Reactors”, OECD, Paris, Juni 2011
- [4] LOCATELLI, G. & MANCINI, M., “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, 2010
- [5] _____, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional”, Jakarta, 17 Oktober 2014
- [6] RODE, at al, “Montecarlo Methods for Appraisal and Valuation: A Case Study of a Nuclear Power Plant”, *CEIC Working Paper 01-01*, Carnegie Mellon Electricity Industry Center, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2001
- [7] Nuryanti, et al, “Analisis Kelayakan Finansial Proyek PLTN SMR di Indonesia dengan Mempertimbangkan Variabel Ketidakpastian”, *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir* Volume 17, Nomor 2, Desember 2015
- [8] ROTHWELL, “The Economics of Future Nuclear Power: An Update of The Economic Future of Nuclear Power (2004), a Study Conducted at the University of Chicago”, Stanford University, 2011.
- [9] SOEHARTO, I., “Studi Kelayakan Proyek”, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2002
- [10] SRIDADI, B., “Pemodelan dan Simulasi Sistem: Teori, Aplikasi dan Contoh Program dalam Bahasa C”, Penerbit Informatika, 2009.
- [11] BLANK & TARQUIN, “Engineering Economy”, 6th, Mc Graw Hill, Singapore, 2008
- [12] PERMATASARI, K., “Analisis Kelayakan Proyek Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi oleh Pengembang Panas Bumi di Indonesia”, Skripsi, Jakarta: Program Studi Teknik Industri Universitas Indonesia, 2010.
- [13] MARTLAND, Carl D., “Project Evaluation Choosing a Discount Rate”, http://ocw.mit.edu/courses/civil-and-environmental-engineering/1-011-project-evaluation-spring-2011/lecture-notes/MIT1_011S11_lec06.pdf, diakses 26 Maret 2012
- [14] PT PLN (Persero), PT LAPI ITB & JAPC, “Feasibility Study for Bangka Nuclear Power Plant Project – Non Site aspect”, 2013
- [15] ROTHWELL, G. & GANDA, F., “Electricity Generating Portfolios with Small Modular Reactors”, Argonne National Laboratory, May 2014
- [16] BANK INDONESIA, “Foreign Exchange Rate in Year 2013”, <http://www.bi.go.id>. Diakses 01 Juni 2014
- [17] OECD, “Commercial Interest Reference Rate (CIRRs)”, www.oecd.org/tad/xcred/cirrs.pdf. Diakses 01 Juni 2014
- [18] _____, “UU No 36 tahun 2008 Tentang Perubahan Keempat Atas UU No. 7 Tahun 1983 Tentang Pajak Penghasilan”, Kementerian Hukum & HAM, 2008.
- [19] _____, “CPI Inflation Calculator”, <http://data.bls.gov/cgi-bin/cpi/calc.pl>. Diakses 03 Juli 2015.
- [20] _____, “Indeks Harga Konsumen dan Inflasi Bulanan Indonesia, 2005-2015”, <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/907>. Diakses 03 Juli 2015.
- [21] ABDULLA, A. & AZEVEDO, I. L., “Developing a Range of Levelized Cost Estimates for Integral Light Water Small Modular Reactor”, www.andrew.cmu.edu. Diakses Mei 2014
- [22] US DEPARTMENT OF ENERGY, “SMR Financing and Economics, The Nuclear Option: Is Small Scale Nuclear Energy an Option for Alaska?”, December 2010.
- [23] ONO, K., “Generation IV International Forum Economics Assessment Methodology and Application”, GIF-INPRO Interface Meeting, Vienna, March 1, 2013
- [24] KESDM, “Peraturan Menteri ESDM No. 3 Tahun 2015”, Jakarta, 2015
- [25] _____, LIBOR yearly, <http://www.moneycafe.com/personal-finance/libor/> LIBOR Source: Fannie Mae, British Bankers’ Association
- [26] _____, <https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/>
- [27] PLN Litbang & P2EN, “Study Ekonomi, Pendanaan dan Struktur Owner Dalam Rangka Rencana Persiapan Pembangunan PLTN Pertama di Indonesia”, Jakarta, 2006.