



Indeks Keberlanjutan Dimensi Peraturan Dalam Perencanaan Pembangunan PLTN Di Indonesia

Maya Dewi Dyah Maharani *¹, June Mellawati²

¹Universitas Sahid Jakarta, Jurusan Teknik Lingkungan, Jl. Prof. Dr. Supomo, SH No. 84 Tebet, Jakarta Selatan 12870

²BATAN, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Jl. Lebak Bulus Raya 49, Ps. Jumat PO Box 7043, Jaksel 12070

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:

02 April 2019

Diterima dalam bentuk revisi:

12 April 2019

Disetujui:

09 Mei 2019

Kata kunci:

keberlanjutan,
PLTN,
multi dimensional scaling
(MDS)

ABSTRAK

INDEKS KEBERLANJUTAN DIMENSI PERATURAN DALAM PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTN DI INDONESIA. Salah satu manfaat nilai indeks keberlanjutan dimensi peraturan untuk menyempurnakan peraturan perencanaan pembangunan PLTN sampai di tingkat pemerintah daerah, serta sebagai bahan masukan dokumen Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) di Indonesia. Tujuan kajian mendapatkan nilai indeks keberlanjutan dari dimensi peraturan dalam rangka rencana pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) di Indonesia seiring revolusi industri 4.0. Metode kajian menggunakan analisis *Multi Dimensional Scaling (MDS)* dengan memetakan persepsi (*perceptual mapping*) yang mengandalkan *Euclidian Distance* antara satu atribut dengan atribut lainnya. Hasil analisis MDS yang menyertakan 16 peraturan menunjukkan indeks keberlanjutan dimensi peraturan sebesar 42,89 (belum berkelanjutan). Sebagai langkah nyata, Peraturan Pemerintah RI No.61 tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dengan RMS 6,43, dan Keputusan Presiden No. 106 tahun 2001 tentang Pengesahan *Konvensi Keselamatan Nuklir* dengan RMS 6,18 layak disertakan dalam dokumen perencanaan untuk level provinsi dan daerah.

ABSTRACT

SUSTAINABILITY INDEX OF REGULATION DIMENSIONS IN NUCLEAR POWER PLANT (NPP) DEVELOPMENT PLANNING IN INDONESIA. One of the benefits of regulatory dimensions of sustainability index value to improve the regulation of The Nuclear Power Plant development planning at the level of local government, as well as inputting of Long Term Development Plan Documents (RPJP) in Indonesia. The purpose of the study was to obtain a sustainability index value from the regulatory dimension in the framework of the plan to build NPP in Indonesia along with the industrial revolution 4.0. The study method uses Multi Dimensional Scaling (MDS) analysis by mapping perceptual mapping that relies on Euclidian Distance between one dimensions to the other dimensions. The results of the MDS analysis which included 16 regulations showed a sustainability index of the regulatory dimension of 42.89 (not yet sustainable). As a concrete step, RI Government Regulation No.61 of 2013 concerning Management of Radioactive Waste with RMS 6.43, and Presidential Decree No. 106 of 2001 concerning Ratification of the Nuclear Safety Confession with RMS 6.18 eligible to be included in planning documents for provincial and regional levels.

Keywords: sustainability, NPP, Multi Dimensional Scaling (MDS)

© 2019 Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Dimensi peraturan perundang-undangan ketenaganukliran merupakan seperangkat peraturan yang mengatur, mengarahkan dan melindungi pemanfaatan ketenaganukliran, yang pelaksanaannya dalam bentuk undang-undang, peraturan pemerintah, peraturan presiden, peraturan badan pengawas dan peraturan pelaksana lainnya. Ketenaganukliran merupakan

pemanfaatan, pengembangan, serta penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir dan pengawasan segala kegiatan terkait dengan tenaga nuklir. Tenaga nuklir adalah tenaga dalam bentuk apapun yang dibebaskan dalam proses transformasi inti, termasuk tenaga yang berasal dari sumber radiasi pengion [1].

Era Revolusi Industri 4.0 berfokus pada kemajuan teknologi masa kini, dan terkait teknologi nuklir dalam menyambut Revolusi Industri 4.0 tersebut telah dilakukan kerjasama antara

*Penulis korespondensi.

E-mail: mayasudarsono@gmail.com

Menristekdikti dengan Dirjen IAEA yang bertujuan memperkuat komitmen kerjasama dalam pengembangan, serta pemanfaatan teknologi nuklir untuk damai. Sesuai mandat IAEA, adanya kerjasama ini akan menguntungkan posisi Indonesia dalam upaya memperluas kontribusi energi nuklir dengan negara berkembang lainnya untuk perdamaian, kesehatan dan kesejahteraan di seluruh dunia [2].

Seperti diketahui, revolusi industri 1.0 dimulai ketika ditemukannya mesin uap pada tahun 1780an, dan hal ini berkembang hingga pertengahan abad 21 berbasis industri mekanik, berdaya air dan uap. Akhir abad 19, revolusi industri 2.0 ditandai dengan kemampuan produksi secara massal dengan tenaga listrik berbasis pembagian kerja (*assembly line*), lalu tahun 1970an dimulai era revolusi industri 3.0 dengan otomasi pekerjaan yang kompleks didukung teknologi elektronik dan informasi. Hingga kini revolusi industri 4.0 ditandai dengan kemampuan teknologi sensor, keterhubungan (*interconnectivity*) dan analisis data yang memungkinkan kustomisasi (*customization*) secara massal, integrasi rantai pasokan dan efisiensi yang lebih tinggi berbasis sistem *cyber-physical*. Revolusi Industri 4.0 merupakan transformasi cepat dalam desain, manufaktur, operasi, sentra layanan produk dan sistem produksi[3].

Terkait dengan hal ini, Indonesia berencana membangun instalasi PLTN yang didasarkan pada pertimbangan bahwa: (i) sumber energi fosil yang digunakan sebagai energi utama untuk pembangkitan listrik di Indonesia mulai habis, (ii) adanya tuntutan pemenuhan kebutuhan listrik menggunakan sumber energi yang bersih agarkualitas lingkungan juga bersih sesuai persyaratan pembangkit listrik di era industri 4.0. Konsekuensinya adalah upaya penggunaan sumber energi lain termasuk penggunaan sumber

energi baru terbarukan (EBT) untuk menutupi kekurangan energi yang meliputi energi matahari, angin, panas bumi, air, biodiesel dan tenaga nuklir [4, 5].

Sesuai amanah UU No 10 Tahun 1997 tentang ketenaganukliran bahwa setiap pemanfaatan tenaga nuklir dalam hal ini pembangunan dan pengoperasian reaktor nuklir maupun instalasi nuklir, serta dekomisioning reaktor nuklir harus memiliki izin yang syarat-syaratnya diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 43 tahun 2006 tentang perizinan reaktor nuklir (ps. 17) [6, 7]. Berdasarkan hal tersebut diperlukan kajian indeks keberlanjutan dari dimensi peraturan dalam rangka rencana pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) di Indonesia untuk mendukung revolusi industri 4.0. Dalam rangka rencana pembangunan PLTN pertama di Indonesia, dan seiring dengan era revolusi industri 4.0 telah dilakukan kajian terhadap indeks keberlanjutan dimensi peraturan pada rencana pembangunan PLTN menggunakan metode MDS.

Tujuan penelitian adalah memperoleh nilai indeks keberlanjutan dimensi peraturan yang akan digunakan sebagai masukan dalam penyusunan RPJP di Indonesia. Revolusi industri adalah perubahan radikal dan cepat terhadap perkembangan aktivitas manusia dalam menciptakan peralatan kerja untuk meningkatkan hasil industri atau produksi. Beberapa kemajuan dalam teknologi nuklir telah diimplementasikan di tingkat dunia, dan revolusi Industri 4.0 ini diharapkan dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kemajuan bangsa.

Dalam administrasi negara dan pemerintahan terdapat fungsi-fungsi pemerintahan untuk mengukur keberhasilan kinerja pemerintah, dan salah satu fungsi tersebut adalah "metode" atau cara, yang dalam hal ini untuk mengukur keberlanjutan dimensi peraturan dalam

perencanaan pembangunan PLTN, yaitu MDS[8,9,10].

2. TEORI

Untuk menghitung indeks keberlanjutan digunakan metode MDS, analisis *leverage*, dan analisis *montecarlo*.

2.1 MDS (*Multi Dimensional Scaling*)

MDS adalah *perceptual mapping* (pemetaan persepsi) yang mengandalkan *Euclidian Distance* antara satu dimensi dengan dimensi lain. Dalam MDS atribut atau ukuran yang akan diukur dapat dipetakan dalam jarak *Euclidian* dimana benda yang dipersepsikan memiliki karakteristik yang sama dianggap memiliki jarak *Euclidian* terdekat. Sebaliknya obyek dengan karakteristik yang berbeda disebut memiliki *dissimilarities* sehingga perbedaan keduanya dapat diukur dalam jarak persepsi yang diterjemahkan dalam indeks persepsi seperti indeks keberlanjutan. Teknik penentuan jarak didasarkan pada *Euclidian Distance* dengan formula sebagai berikut[9,10].

$$d_{1,2} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2 + \dots} \quad (1)$$

Keterangan :

$d_{1,2}$ = Jarak *euclidian*

X, Y, Z = Atribut

1,2 = Pengamatan

Jarak *euclidian* antara dua titik tersebut ($d_{1,2}$) kemudian di dalam MDS diproyeksikan ke dalam jarak *euclidian* dua dimensi ($\hat{D}_{1,2}$) berdasarkan rumus regresi pada persamaan berikut:

$$\hat{D}_{1,2} = a + b D_{1,2} + c \quad (2)$$

Keterangan :

a = intercept

b = slope

c = error

Dalam MDS, dua titik atau obyek yang sama dipetakan dalam satu titik yang saling berdekatan. Teknik yang digunakan adalah algoritma *ALSCAL* dan mudah tersedia pada hampir di setiap *software* statistik (*SPSS* dan *SAS*). *Rap-Nuclear* pada prinsipnya membuat iterasi proses regresi tersebut sedemikian sehingga didapatkan nilai e yang terkecil dan berusaha memaksa agar *intercept* pada persamaan tersebut sama dengan 0 ($a=0$). Kesesuaian MDS dikaji dengan ukuran nilai *STRESS*.

Nilai *STRESS* (*Standarized Residual Sum of Square*) adalah ukuran ketidak kesesuaian (*a lack of fit measure*), makin tinggi nilai *STRESS*, makin nilai indeks keberlanjutan makin tidak sesuai[16]. Nilai *STRESS* yang rendah mengindikasikan kesesuaian yang baik. Fungsi atau nilai *STRESS* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kesesuaian fungsi *STRESS*[11]

<i>STRESS</i> (%)	Kesesuaian (<i>Goodness of fit</i>)
>20	Buruk
10-20	Cukup Baik
5,1-10	Baik
2,5-5	Sangat Baik
<2,5	Sempurna

STRESS dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$stress = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left(\frac{\sum_i \sum_j (D_{ijk}^2 - d_{ijk}^2)^2}{\sum_i \sum_j d_{ijk}^2} \right)} \quad (3)$$

Posisi titik keberlanjutan dapat divisualisasikan melalui sumbu horizontal dan vertikal dengan nilai indeks keberlanjutan yang diberi skor 0 persen (buruk) dan 100 % (baik). Jika sistem yang dikaji mempunyai nilai indeks keberlanjutan lebih besar atau sama dengan 50 %, maka sistem dikatakan berkelanjutan (*sustainable*), dan jika nilai indeks

kurang dari 50 %, maka tidak berkelanjutan [10]. Kesalahan dalam pembuatan skor dimensi peraturan, kesalahan pemahaman terhadap atribut peraturan, dapat menyebabkan pengaruh galat dan tingginya nilai *STRESS* (buruk).

2.2 Analisis Leverage

Analisis *Leverage* digunakan untuk mengetahui efek stabilitas jika salah satu atribut dihilangkan saat dilakukan ordinasi. Hasil analisis *Leverage* menunjukkan persen perubahan *root mean square (RMS)* dari masing-masing atribut. Atribut yang memiliki persentase tertinggi merupakan atribut paling sensitif terhadap keberlanjutan[12].

2.3 Analisis Monte Carlo

Analisis Monte Carlo dimaksudkan untuk mengevaluasi pengaruh galat pada pendugaan nilai ordinasi menggunakan metode simulasi statistik untuk mengevaluasi efek dari *random error* pada proses pendugaan, serta nilai yang sebenarnya.

3. METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

Kegiatan penelitian meliputi studi pustaka, pengumpulan data primer (pendapat para di Kementerian, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan propinsi maupun daerah, akademisi, swasta dan lainnya), dan pengumpulan data sekunder. Selanjutnya dilakukan identifikasi dan inventarisasi data, serta analisis dan evaluasi data untuk menyusun atribut-atribut peraturan. Analisis atribut-atribut peraturan menggunakan *MDS*, *analisis leverage* dan *Monte Carlo* untuk

menghitung indeks keberlanjutan dan peraturan-peraturan yang menjadi *leverage*[9,10].

3.2 Pengolahan Data

Penilaian status keberlanjutan dari dimensi peraturan menggunakan metode *Rap Nuclear* termodifikasi dari program *Rapfish* dengan teknik *MDS*[10,13,14,15]. Metode *MDS* digunakan untuk merancang model, menganalisis, serta merancang pengelolaan operasional secara berkelanjutan[14]. *RapNuclear* merupakan teknik statistik dengan pendekatan *MDS*, memberikan hasil yang stabil dibandingkan dengan metode *multivariate analysis* yang lain[11].

Berdasarkan Prosedur penggunaan *Rapnuclear* yang merupakan modifikasi dari program *Rapfish*, tahapan yang harus dilakukan meliputi: (i) *review* atribut dan skoring; (ii) identifikasi dan pendefinisian atribut; (iii) skoring untuk mengkonstruksi *reference point untuk good dan bad*; (iv) *Multi Dimensional Ordination* untuk setiap atribut; (v) Analisis *Leverage*; (vi) Simulasi *Monte Carlo*, (vii) analisis keberlanjutan[10]. Tahapan 1 s/d 3 disebut *Rapscore* dan tahapan 4 disebut *Rapanalysis*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Review Atribut

Pada tahapan review atribut ditemukan sebanyak 16 peraturan yang disertakan untuk membangun sistem keberlanjutan dimensi peraturan, dan ke 16 atribut peraturan tersebut ditunjukkan pada Tabel 2. Pada tabel tersebut terlihat bahwa dari ke 16 atribut peraturan terdapat 5 Peraturan Perundang-undangan, 6 Peraturan Pemerintah, 1 Peraturan Presiden Republik Indonesia, 1 Keputusan Presiden dan 3 Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Ke 16

peraturan tersebut diterbitkan mulai tahun 1997 dan terus dilakukan *updating* dan revisi hingga sekarang menyesuaikan kondisi yang terbaru.

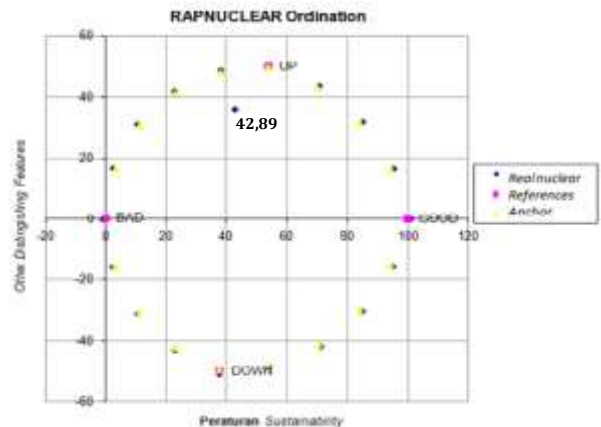
Tabel 2. Daftar Atribut untuk Perhitungan Indeks Keberlanjutan Dimensi Peraturan

No.	Nama Peraturan	Tentang
1	Undang Undang Republik Indonesia No. 9 Tahun 1997	Pengesahan <i>Treaty On The Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone</i> (Traktat Kawasan Bebas Senjata Nuklir Di Asia Tenggara)
2	Undang Undang Republik Indonesia No.10 Tahun 1997	Ketenaganukliran
3	Undang Undang Republik Indonesia No. 30 Tahun 2007	Energi
4	Undang Undang Republik Indonesia No.1 Tahun 2012	Pelarangan Uji Coba Nuklir
5	Undang Undang No.10 Tahun 2014	Pengesahan <i>International Convention For The Suppression Of Acts Of Nuclear Terrorism</i> (Konvensi Internasional Penanggulangan Tindakan Terorisme Nuklir)
6	Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 2006	Perizinan Reaktor Nuklir
7	Peraturan Pemerintah No. 29 Tahun 2008	Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion Dan Bahan Nuklir
8	Peraturan Pemerintah No.46 Tahun 2009	Batas Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir
9	Peraturan Pemerintah No.61 Tahun 2013	Pengelolaan Limbah Radioaktif
10	Peraturan Pemerintah No. 2 Tahun 2014	Perizinan Instalasi Nuklir Dan Pemanfaatan Bahan Nuklir
11	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.79 Tahun 2014	Kebijakan Energi Nasional
12	Peraturan Presiden Republik Indonesia No.74 Tahun 2012	Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir
13	Keputusan Presiden No.106 Tahun 2001	Pengesahan <i>Convention On Nuclear Safety</i> (Konvensi

		Tentang Keselamatan Nuklir)
14	Peraturan Kepala Bapeten No.6 Tahun 2015	Keamanan sumber radioaktif
15	Peraturan Kepala Bapeten No.8 Tahun 2016	Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah Dan Tingkat Sedang
16	Peraturan Kepala Bapeten No.4 Tahun 2018	Ketentuan Keselamatan Evaluasi Tapak Instalasi Nuklir

4.2 RapScores dan RapAnalysis

RapScores dan *RapAnalysis* datadimaksudkan untuk memvalidasi hasil simulasi dari *RapNuclear*, dan hasil menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan dimensi peraturan sebesar 42,89. Besar indeks keberlanjutan dikelompokkan dalam 4 (empat) kategori, yaitu 0-25 (buruk atau tidak berkelanjutan), 25,01-50 (kurang berkelanjutan), 50,01-75 (cukup berkelanjutan), 75,01-100 (baik atau sangat berkelanjutan)[10]. Berdasarkan hasil perhitungan indeks keberlanjutan dari dimensi peraturan nilai tersebut (42,89) dikategorikan kurang berkelanjutan karena berada pada kisaran 25-50 (Gambar 1).



Gambar 1. Ordinası Keberlanjutan Dimensi Peraturan.

Hal ini juga didukung dengan daya penjelas atau koefisien determinasi (R^2) yang memiliki nilai cukup tinggi, yaitu 0,95 yang berarti bahwa ke 16 (enam belas) peraturan yang disertakan tersebut memiliki peran yang cukup besar dalam menjelaskan

keragaman dari perencanaan pembangunan PLTN yang dibangun (*created*). Demikian juga didukung oleh besaran nilai *STRESS* 0,1331 (13,31%), yang berarti ketepatan konfigurasi (*goodness of fit*) model yang dibangun untuk keberlanjutan dapat merepresentasikan model cukup baik[10,15].

4.3 Analisis *Leverage*

Berdasarkan hasil analisis *leverage* ditemukan dua peraturan, yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 61 tahun 2013 tentang pengelolaan limbah radioaktif mempunyai bilangan *RMS* 6,43 dan Keputusan Presiden No. 106 tahun 2001 tentang Pengesahan konvensi Keselamatan Nuklir mempunyai bilangan *RMS* 6,18 sehingga kedua peraturan tersebut berpengaruh besar terhadap ketidakberlanjutan dimensi peraturan.

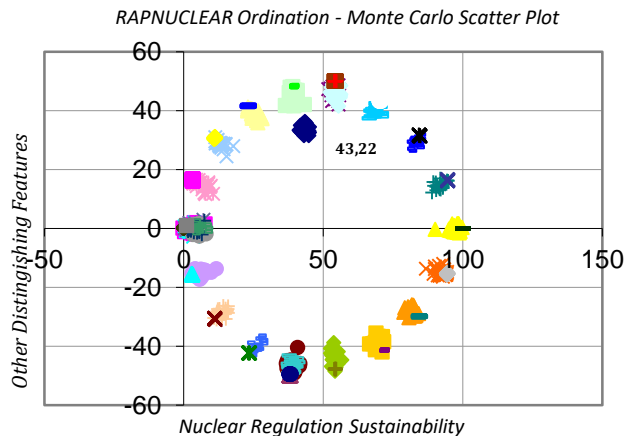
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 61 tahun 2013 tentang pengelolaan limbah radioaktif menjadi perhatian utama saat ini, mengingat belum semua Perda provinsi maupun daerah tentang pengelolaan limbah B3 (bahan berbahaya, beracun) telah mengatur dan mengarahkan jenis limbah radioaktif (nuklir). Sebagai contoh Perda Kabupaten Jepara No. 19 Tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang belum mengatur limbah PLTU (*fly dan bottom ash*), yang sudah jelas memberikan kontribusi limbah radioaktif (Ra-228, Ra-226, dan lainnya) ke lingkungannya. Seperti diketahui *fly dan bottom ash* merupakan abu hasil pembakaran bahan bakar batubara (PLTU) yang mengandung sejumlah polutan radioaktif dan berpotensi membahayakan kesehatan[16]. Demikian pula Perda Kabupaten Semarang No. 26 Tahun 2016 tentang pengelolaan limbah B3, dan Perda Provinsi Kalbar No.3 Tahun 2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang juga belum mengatur

tentang baku mutu polutan unsur radioaktif (nuklir), mengingat di daerah-daerah tersebut terdapat beberapa PLTU dan ada wacana dibangun PLTN. Hal ini akan mengurangi kepercayaan publik terkait dengan *safety, security and safeguards* (keselamatan, keamanan, dan perlindungan) khususnya terkait pengelolaan limbah radioaktif (nuklir).

Keputusan Presiden No. 106 tahun 2001 tentang Pengesahan konvensi Keselamatan Nuklir harus ditindaklanjuti sebagai bentuk perlindungan terhadap masyarakat Indonesia khususnya. Meskipun keselamatan nuklir merupakan kepekaan nasional, namun sesuai konsistensi Indonesia sebagai salah satu peserta penandatanganan konvensi tersebut berkewajiban mengkomunikasikan kepada publik tentang hal-hal yang berkaitan dengan keselamatan nuklir di Indonesia secara utuh. Salah satu kewajiban dalam konvensi tersebut adalah menetapkan standar-standar (*benchmarks*) keselamatan nuklir tingkat nasional yang layak diikuti oleh Pemerintah Provinsi dan Daerah[17]. Adanya peristiwa Chernobyl, Tree Miles Island dan Fukushima merupakan pukulan dan turunya kepercayaan terhadap teknologi nuklir, namun di sisi lain hal ini membawa perubahan meningkatnya budaya keselamatan nuklir. Secara perlahan, budaya keselamatan nuklir terbangun (*created*) dengan sendirinya, seperti halnya terjadi di masyarakat pada negara negara yang terkena bencana nuklir.

4.4 Analisis Monte Carlo

Hasil analisis montecarlo menunjukkan perbedaan nilai hasil penghitungan *MDS* dengan *Monte Carlo* yang relatif kecil (0,32 atau lebih kecil dari 1). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat presisi keberlanjutan tinggi (baik)[10], Hasil terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisis Montecarlo Dimensi Peraturan.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa nilai ordinasinya keberlanjutan dimensi peraturan sebesar 43,22 sehingga selisih antara hasil ordinasinya MDS (42,89) dengan nilai tersebut adalah 0,33 atau dibawah 1, artinya model keberlanjutan dimensi peraturan yang dibangun dengan menyertakan 16 peraturan mempunyai tingkat presisi tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai indeks keberlanjutan dimensi peraturan sebesar 42,89, dan nilai ini bermakna kurang berkelanjutan. Agar dimensi peraturan dalam perencanaan pembangunan PLTN berkelanjutan diperlukan intervensi terhadap 2 regulasi, yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 61 tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Keputusan Presiden No. 106 tahun 2001 tentang Pengesahan *Konfensi Keselamatan Nuklir*.

5.2 Saran

Intervensi yang dimaksud adalah adanya langkah nyata peningkatan respon dan kapabilitas SDM berupa rumusan Indikator Kinerja Utama (IKU) dan

Indikator Kinerja Kunci (IKK) urusan LH tentang limbah B3 (termasuk limbah radioaktif/ nuklir) yang berorientasi *outcome*. Dengan demikian akan nampak sinergitas dan harmonisasi antara pemerintah pusat, provinsi dan daerah terkait dengan perencanaan pembangunan PLTN di Indonesia.

DAFTAR ACUAN

- [1] Moendi Poernomo, 2013, "Analisis dan Evaluasi Peraturan Perundang-Undangan Tentang Ketenaganukliran", Pusat Perencanaan Pembangunan Hukum Nasional Badan Pembinaan Hukum Nasional Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, Jakarta
- [2] RISTEKDIKTI, 2018, "Penguatan Kerja Sama Indonesia-IAEA Dalam Pengembangan dan Pemanfaatan Teknologi Nuklir untuk Damai". Ristekdikti. Jakarta, Vol 8.
- [3] Reno Alamsyah. "Analisis Dampak Industri 4.0 Terhadap Sistem Pengawasan Ketenaganukliran Di Indonesia". *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, Vol.12. No. 2, Hal. 47-53, 2018.
- [4] Adiwardoyo. "Prospek PLTN Dalam Penyediaan Energi Nasional". Prosiding Pesentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir II, PEBN-BATAN, Jakarta, 19-20 Nopember 1996. ISSN 1410-1998, Hal. 11-18, Tahun 1996.
- [5] Edwaren Liun, Sunardi. "Perbandingan Harga Energi Dari Sumber Energi Baru Terbarukan dan Fosil", *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, Vol.16, No.2, Hal. 119-130, Tahun 2014.
- [6] Menteri Negara Sekretaris Negara, 1997, Undang Undang No. 10 Tahun 1997, Ketenaganukliran, Jakarta.
- [7] Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2006, Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 2006 tentang Perizinan Reaktor Nuklir, Jakarta.
- [8] S. Supardi,dkk. "Analisis Keberlanjutan Pembangunan Kota Tepian Pantai (Studi Kasus: Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara)". *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*. Vol. 5, No. 3, Hal.188-204, 2017.
- [9] M. Maharani, et.al, "Structural Model for Sustainable Management of Ruminant Cattle Slaughterhouse (RC-S): The Establishment and Renovation of RC-S". *Jurnal Global Veterinaria*, ISSN: 1992-6197, Vol. 14, No. 5, Hal. 707-719, 2015.
- [10] Kavanagh, Pand Pitcher, T.J. "Implementing Microsoft Excel Software For Rapfish: A Technique For The Rapid Appraisal of Fisheries Status. Fisheries Center Method. Rev. Vol. 12, No. 2, Hal. 136-140, Tahun 2004.

- [11] Alder J, et.al. How good is good: A Rapid Appraisal Technique For Evaluation Of The Sustainability Status of Fisheries Of The North Atlantic. Sea Around Us Method. Page 136-162, 2003.
- [12]Tatan Sukwika, et.al. "Evaluating The Level of Sustainability of Privately Manage Forest in Bogor, Indonesia". *Biodiversitas*. Vol. 17, No.1, Page 241-248, 2016.
- [13]Fauzi. A dan S. Anna. Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 2005.
- [14]Lili Dahliani, et.al, "Palm Oil Sustainable Management Using MDS Model from Social Dimension", Proceeding 5th International Conference on Community Development in Asean, 19-21 juli 2018. Vol. 231. Pp.50-53, 2018
- [15]Ahad A, et.al. Sustainability of tropical small-scale fisheries: Integrated assessment in French Guiana. *Marine Policy*, February 2014, Vol. 44, Pages 397-405.2014.
- [16]Sunarko. "Kajian Risiko Komparatif Terhadap Pembangkitan Ustrik Batubara Dan Nuklir", *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, Volume 6 No. 3 & 4, Hal. 47-64. 2004.
- [17]Yaziz Hasan. "Peran Perjanjian Internasional Ketenaganukliran Pada Promosi Penggunaan Nuklir Tujuan Damai". Suplemen kegiatan pengenalan Perjanjian Internasional Ketenaganukliran, Jakarta, 30 April 2009