

OA09

**TINJAUAN PENGATURAN DALAM PENGAWASAN PEMANFAATAN BATERAI NUKLIR****Hermawan Puji Yuwana***Direktorat Pengaturan Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif - BAPETEN*e-mail: [h.puji@bapeten.go.id](mailto:h.puji@bapeten.go.id)**ABSTRAK**

**TINJAUAN PENGATURAN DALAM PENGAWASAN PEMANFAATAN BATERAI NUKLIR.** Sebagaimana diatur dalam Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran bahwa setiap pemanfaatan tenaga nuklir wajib memiliki izin. PP Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir membagi kegiatan pemanfaatan menjadi 3 kelompok yaitu kelompok A, B, dan C. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dimungkinkan akan berdampak pada berkembangnya pemanfaatan sumber radiasi pengion yang ada saat ini. Hal yang mungkin terjadi adalah terdapat kegiatan pemanfaatan baru yang belum terlingkupi dalam 3 (tiga) kelompok pemanfaatan tersebut. Sehingga perlu dilakukan pendekatan tertentu agar suatu kegiatan pemanfaatan yang mungkin tidak masuk kedalam lingkup kelompok pemanfaatan PP Nomor 29 Tahun 2008 dapat tetap terawasi kegiatan pemanfaatannya. Salah satu kegiatan pemanfaatan yang mungkin akan berkembang adalah pemanfaatan baterai nuklir. Tinjauan pengaturan pengawasan dalam pemanfaatan baterai nuklir untuk mengetahui dan mengidentifikasi infrastruktur pengawasan dalam menghadapi kemungkinan muncul dan berkembangnya pemanfaatan tenaga nuklir berupa baterai nuklir. Dalam menghadapi tantangan tersebut dikaitkan dengan sedang berlangsungnya amandemen PP Nomor 29 Tahun 2008 dengan menggunakan pendekatan-pendekatan tertentu. Pendekatan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal diantaranya perlu melihat kembalipengelompokan pemanfaatan dan perlunya ketentuan atau persyaratan tambahan dalam hal terdapat pemanfaatan tenaga nuklir di luar pengelompokan pemanfaatan. Pendekatan dalam isu pengelompokan pemanfaatan harus mempertimbangkan potensi bahaya radiasi, tingkat kerumitan fasilitas, kompleksitas peralatan atau fasilitas, jumlah dan kompetensi personil yang bekerja, potensi dampak kecelakaan radiasi dan potensi terhadap sumber radioaktif yang digunakan. Sedangkan pendekatan melalui ketentuan/ persyaratan tambahan dilakukan melalui dokumen kajian justifikasi terhadap pemanfaatan baterai nuklir. Dokumen kajian justifikasi yang berisikan diantaranya terkait deskripsi, tujuan penggunaan, perbandingan baterai konvensional dan baterai nuklir, kajian dosis terhadap masyarakat, pengujian, prosedur penggunaan, prosedur pemasangan, prosedur perawatan, prosedur penyimpanan sementara, atau prosedur pembuangan akhir.

Kata kunci: pemanfaatan, baterai, pengelompokan, teknologi.

**ABSTRACT****REVIEW OF REGULATORY CONTROLS IN THE UTILIZATION OF NUCLEAR BATTERY.**

*As stipulated in the Act Nr. 10 Year 1997 on Nuclear Energy that any utilization of nuclear energy shall be subjected for licensing. Government Regulation Nr. 29 Year 2008 on Licensing of the Utilization of Ionizing Radiation Sources and Nuclear Materials dividing the utilization activities into 3 groups: group A, B, and C. The development of science and technology might probably have an impact on the development of existing utilization of ionizing radiation sources. It is possible that there are new utilization activities that are not covered yet in the existing 3 (three) groups. Hence, it is necessary to make certain approach for activities are not included yet in the existing groups of GR Nr. 29 Year 2008, the utilization might be under supervision. One of the utilization that possible to be developed is nuclear battery. The aim of reviewing regulatory controls in the utilization of nuclear battery is to have knowledge and to identify the infrastructure of supervision in order to encounter the possibility of the occurrence and development of nuclear battery technology. To overcome these challenges, particular approaches have been implemented in association with the ongoing amendment of GR Nr. 29 Year 2008. These approaches are taking into account several matters, for instance the need to review the utilization grouping and additional provisions or requirements in case any uses of nuclear energy out of the utilization grouping. The approach to the issue of utilization grouping should take into account the potential radiation hazards, the complexity of the facility, the complexity of the equipment or facilities, the number and competence of the personnel, the potential impact of accidents and the potential for the radioactive sources are used. While the approach through additional provisions or requirements is done through the document justification review of the use of nuclear batteries. A justification assessment document comprising description, intended use, comparison of conventional batteries and nuclear batteries, public dose assessment, testing, usage procedures, installation procedures, maintenance procedures, temporary storage procedures, or final disposal procedures.*

*Keywords: utilization, battery, grouping, technology.*

## PENDAHULUAN

Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran telah mendefinisikan bahwa pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengolahan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat[1]. Dalam rangka untuk melakukan pengawasan terhadap pemanfaatan tersebut, UU No. 10 Tahun 1997 mengamanatkan pembentukan badan pengawas yaitu Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) untuk melaksanakan pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir yang dilakukan melalui tiga pilar pengawasan, yaitu peraturan, perizinan, dan inspeksi .

Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan Sumber Radioaktif dan Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Peningkatan dan Bahan Nuklir, merupakan beberapa peraturan pelaksana dari ketentuan dalam UU Nomor 10 Tahun 1997. Setiap orang atau badan yang akan memanfaatkan tenaga nuklir wajib memiliki izin pemanfaatan tenaga nuklir dan memenuhi persyaratan keselamatan radiasi [2]. Ketentuan keselamatan radiasi telah diatur dalam PP Nomor 33 Tahun 2007, sedangkan ketentuan perizinan pemanfaatan tenaga nuklir diatur dalam PP Nomor 29 Tahun 2008. Kegiatan pemanfaatan sumber radiasi peningkatan dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu kelompok A, kelompok B, dan kelompok C. Pengelompokan pemanfaatan didasarkan pada risiko yang terkait dengan keselamatan radiasi dan keamanan sumber radioaktif dan bahan nuklir dengan mempertimbangkan potensi bahaya radiasi, tingkat kerumitan fasilitas, jumlah dan kompetensi personil yang bekerja, potensi dampak kecelakaan radiasi dan potensi ancaman terhadap sumber radioaktif [3].

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi secara langsung dan tidak langsung akan berdampak pada berkembangnya pemanfaatan sumber radiasi peningkatan yang ada saat ini. Kemungkinan besar yang terjadi adalah terdapat kegiatan pemanfaatan baru yang belum terlingkupi dalam 3 (tiga) kelompok pemanfaatan tersebut. Dengan adanya ketentuan bahwa “setiap orang atau badan yang memanfaatkan tenaga nuklir wajib memiliki izin pemanfaatan tenaga nuklir dan memenuhi persyaratan keselamatan radiasi”, maka diperlukan suatu mekanisme atau dengan

pendekatan-pendekatan tertentu dalam pengawasannya. Mekanisme atau pendekatan tertentu tersebut perlu dilakukan agar suatu kegiatan pemanfaatan yang mungkin tidak masuk kedalam lingkup kelompok pemanfaatan PP Nomor 29 Tahun 2008 dapat tetap terawasi kegiatan pemanfaatannya. Sebagai contoh adalah beberapa tahun yang lalu, terdapat pemberitaan di portal berita online terkait dengan penggunaan tenaga nuklir yang ditujukan untuk baterai nuklir.

Tinjauan pengawasan pengaturan dalam pemanfaatan baterai nuklir untuk mengetahui dan mengidentifikasi infrastruktur pengawasan pengaturan yang dibutuhkan dalam mengawasi kemungkinan muncul dan berkembangnya pemanfaatan tenaga nuklir berupa baterai nuklir.

## POKOK BAHASAN

Tinjauan pengaturan dalam pengawasan pemanfaatan baterai nuklir ini menggunakan metodologi kajian literatur dengan menggunakan berbagai macam sumber seperti perkembangan baterai konvensional, perkembangan baterai nuklir, dan peraturan ketenaganukliran terkait. Sehingga perlunya identifikasi terhadap persyaratan-persyaratan pengaturan yang mungkin diperlukan dalam mengawasi perkembangan pemanfaatan baterai nuklir.

### a. Identifikasi perkembangan baterai konvensional dan baterai nuklir

Baterai adalah alat untuk menghimpun dan membangkitkan aliran listrik [4]. Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan energi listrik melalui proses elektrokimia yang bersifat *reversible* yaitu reaksi dimana di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai. Baterai dibedakan menjadi 2 jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Sedangkan baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang, karena material aktifnya di dalam dapat diputar kembali [5][6].

Perkembangan baterai konvensional dimulai dengan ditemukannya berbagai macam variasi dari anoda (elektroda negatif), katoda (elektroda positif), dan larutan elektrolit yang merupakan komponen penyusun dalam baterai. Beberapa

perkembangan yang telah ada baik untuk jenis baterai primer ataupun baterai sekunder seperti baterai alkaline, baterai nikel-kadmium (Ni-Cd), baterai Ni-MH, baterai litium dll [6][7]. Parameter yang berpengaruh terhadap baterai seperti kerapatan energi, profil potensial terhadap waktu, laju pengosongan diri, temperatur operasi, dan siklus hidup [7].

Seiring dengan perkembangan baterai konvensional dengan berbagai variasi dari anoda, katoda, dan larutan elektrolit tersebut, penggunaan teknologi nuklir untuk baterai nuklir juga telah dikembangkan. Baterai nuklir mulai diselidiki dan dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan dalam pemenuhan sumber energi. Istilah baterai atom, baterai nuklir, baterai tritium dan generator radioisotop (RTG/*Radioisotope Thermoelectric Generators*) digunakan untuk menggambarkan perangkat yang menggunakan energi dari peluruhan sebuah isotop untuk menghasilkan listrik. Baterai nuklir memiliki umur yang sangat panjang dan kepadatan energi yang tinggi, sehingga digunakan sebagai sumber energi listrik untuk peralatan yang harus dioperasikan tanpa pengawasan dalam jangka waktu pengoperasian yang lama, seperti pesawat ruang angkasa, alat pacu jantung dll.

RTG adalah generator listrik sederhana yang didukung oleh peluruhan radioaktif. Dalam sebuah RTG, panas dilepaskan oleh peluruhan zat radioaktif dan diubah menjadi listrik. Penggunaan RTG sebagai salah satu jenis baterai dan telah digunakan sebagai sumber daya di satelit, pesawat ruang angkasa, dan mercusuar. RTG menggunakan proses pembangkitan panas yang berbeda dari yang digunakan oleh pembangkit listrik tenaga nuklir. Pembangkit listrik tenaga nuklir menghasilkan tenaga dengan reaksi berantai di mana fisi nuklir melepaskan neutron yang menyebabkan atom lain mengalami fisi. Meskipun demikian, RTG memiliki potensi kontaminasi radioaktif, jika wadah yang menahan bahan bakar mengalami kebocoran maka zat radioaktif akan mencemari lingkungan. Untuk meminimalkan terjadinya resiko zat radioaktif lepas ke lingkungan, bahan bakar di simpan dalam unit modular terpisah dan dilengkapi dengan perisai radiasi [8].

Perkembangan dari baterai nuklir sangatlah beragam. Berdasarkan pengalaman dari penggunaan RTG, terdapat beberapa hal yang menyebabkan RTG kurang sesuai yaitu efisiensi yang kecil dan ukuran yang besar. Tujuan yang ingin dicapai dalam pengembangan baterai nuklir sendiri diantaranya adalah peningkatan efisiensi dan ukuran yang lebih kecil pada proses perancangan. Kriteria dari teknologi baterai nuklir ditentukan oleh radioisotop yang digunakan, jenis radiasi, dan transduser konversi energi. Kerapatan energi berbanding terbalik

dengan waktu paruh isotop, semakin pendek umur paruh, semakin tinggi rapat dayanya. Prinsip dasar ini akan menentukan dua sifat yang diinginkan dari baterai nuklir yaitu umur simpan yang panjang dan rapat daya tinggi [9].

Pemilihan radioisotop yang digunakan dalam baterai nuklir dengan mempertimbangkan diantaranya [9] [10]:

- a. sumber radioisotop yang digunakan seperti berasal dari alam, produksi fisi, atau akselerator;
- b. jenis radiasi yang dipancarkan oleh radioisotop serta ada atau tidak adanya radiasi lain yang dipancarkan oleh radioisotop;
- c. waktu paruh dari radioisotop yang menentukan aktivitas sumber dan masa pakai baterai nuklir; dan
- d. energi peluruhan radiasi yang menentukan aktivitas dan rapat daya.

Prinsip dalam baterai nuklir dalam mengubah energi dari peluruhan radioaktif menjadi energi listrik dilakukan dengan menggunakan teknik konversi tertentu. Teknik konversi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu thermal dan non-thermal. Konverter termal merupakan salah satu jenis teknik konversi dimana daya yang dikeluarkan merupakan fungsi dari perbedaan suhu. Konversi termal memiliki keluaran energi yang secara langsung bergantung pada perbedaan suhu komponen tertentu yang merupakan mekanisme transfer energi. Sedangkan, konverter non-termal menggunakan mekanisme daya yang keluaran bukan merupakan fungsi dari perbedaan suhu. Konverter non-termal mengekstrak energi pada saat terjadi peluruhan radioaktif dan tidak bergantung pada perbedaan suhu seperti konverter thermal [11][12][13]. Berikut merupakan contoh beberapa jenis konverter thermal dan konverter non thermal yaitu:

- a. Konverter Thermal yaitu:
  1. *Thermionic Converters*;
  2. *Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG)*;
  3. *Thermophotovoltaic Cells*;
  4. *Alkali-Metal Thermal to Electric Converter (AMTEC)*; dan
  5. *Advanced Stirling Radioisotope Generator (ASRG)*.
- b. Konverter Non-Thermal yaitu:
  - *Direct Charging Generators*;
  - *Optoelectric*;
  - *Alphavoltaics*; dan
  - *Betavoltaic*.

Beberapa jenis teknik konversi telah dilakukan penelitian dan pengembangan untuk

mendapatkan berbagai macam variasi baterai nuklir sesuai dengan tujuan yang akan dicapai salah satunya adalah peningkatan efisiensi baterai nuklir. Hasil penelitian dan pengembangan dapat dilihat dengan adanya beberapa paten terkait dengan baterai nuklir. Sebagai contoh adalah paten dengan nomor 3706893 (*US Patent 3706893*) dan paten dengan nomor 7867639 B2 (*US Patent 7867639 B2*).

Paten dengan nomor 3706893 (*US Patent 3706893*) yang berjudul “baterai nuklir”, secara garis besar menggunakan semikonduktor sambungan P-N (*P-N Junction*) dan menggunakan jenis konverter non-thermal *betavoltaic*. Paten nomor 3706893 menjelaskan bahwa baterai nuklir yang terdiri dari satu atau lebih, dimana masing-masing terdiri dari elemen bahan bakar atau sumber radioaktif dan elemen semikonduktor yang ditempatkan bersebelahan dengan sumber radiasi. Sumber radioaktif yang digunakan adalah logam promethium-147 atau oksida, prometia, dan elemen semikonduktor termasuk elemen semikonduktor N<sup>+</sup>/P atau N<sup>+</sup>/P/P<sup>+</sup>. Wafer semikonduktor memiliki ambang batas yang kompatibel dengan energi maksimum radiasi yang dipancarkan oleh sumber radioaktif, untuk menyediakan sel yang berumur panjang dari output daya optimal [14].

Paten dengan nomor 7867639 B2 (*US Patent 7867639 B2*) yang berjudul “baterai *alphavoltaic* dan metodenya“, secara garis besar menggunakan semikonduktor sambungan P-N (*P-N Junction*) dan menggunakan jenis konverter non-thermal *alphavoltaic*. Paten nomor 7867639 B2 menjelaskan bahwa paling sedikit terdiri dari satu lapisan bahan semikonduktor yang terdiri sekurangnya 1 (satu) sambungan P-N, menempatkan sekurangnya 1 (satu) lapisan penyerap dan konversi pada lapisan semikonduktor, dan menyediakan paling sedikit 1 (satu) pemancar alpha. Lapisan penyerap dan konversi mencegah sebagian partikel alpha yang dipancarkan oleh pemancar alpha dari kerusakan sambungan P-N bahan semikonduktor. Lapisan penyerap dan konversi juga mengubah sebagian energi dari partikel alpha menjadi pasangan lubang-elektron untuk dikumpulkan oleh sambungan P-N pada bahan semikonduktor [15].

#### **b. Identifikasi peraturan ketenaganukliran**

Pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengolahan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan

rakyat. Pemanfaatan nuklir dilaksanakan dengan memperhatikan aspek keselamatan dan keamanan dalam rangka untuk melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup [1]. Oleh karena itu, setiap orang atau badan yang akan memanfaatkan tenaga nuklir wajib memiliki izin pemanfaatan tenaga nuklir dan memenuhi persyaratan keselamatan radiasi [2]. Ketentuan tentang izin diatur dalam PP Nomor 29 Tahun 2008 dan ketentuan terkait dengan persyaratan keselamatan radiasi diatur dalam PP Nomor 33 Tahun 2007.

Dalam melakukan pemanfaatan tenaga nuklir, persyaratan keselamatan radiasi harus terpenuhi. Keselamatan radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi. Sehingga setiap orang atau badan harus memenuhi ketentuan persyaratan keselamatan radiasi yang terdiri dari persyaratan manajemen, persyaratan proteksi radiasi, persyaratan teknik, dan verifikasi keselamatan [2].

PP Nomor 29 Tahun 2008 mengelompokkan pemanfaatan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu: kelompok A, kelompok B, dan Kelompok C. Pengelompokan didasarkan pada resiko yang terkait dengan keselamatan radiasi dan keamanan sumber radioaktif dan bahan nuklir dengan mempertimbangkan potensi bahaya radiasi, tingkat kerumitan fasilitas, jumlah dan kompetensi personil yang bekerja, potensi dampak kecelakaan radiasi dan potensi ancaman terhadap sumber radioaktif [3].

Berdasarkan dari 3 kelompok pemanfaatan sebagaimana tercantum dalam PP Nomor 29 Tahun 2008 tersebut, untuk saat ini kegiatan terkait dengan pemanfaatan baterai nuklir memang tidak terlingkupi di dalam salah satu kelompok pemanfaatan baik kelompok A, kelompok B atau kelompok C. Dengan tidak terlingkupinya kegiatan pemanfaatan baterai nuklir, bukan berarti menjadi terlepas dari pengawasan terhadap pemanfaatan tenaga nuklir. Sesuai dengan amanah dalam UU Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, bahwa badan pengawas bertugas untuk melaksanakan pengawasan terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir melalui peraturan, perizinan, dan inspeksi [1].

Penggunaan baterai nuklir saat ini memang masih terus dalam tahap pengembangan. Akan tetapi, bukan tidak mungkin dimasa yang akan datang baterai nuklir dapat menjadi barang yang dapat dipakai oleh masyarakat secara bebas. Hal ini dilatarbelakangi oleh tujuan yang ingin dicapai dalam pengembangan baterai nuklir sendiri diantaranya peningkatan efisiensi dan ukuran yang lebih kecil pada proses perancangannya.

Barang konsumen adalah setiap peralatan atau barang yang mengandung zat radioaktif yang



sengaja dimasukkan atau sebagai hasil aktivasi, atau peralatan atau barang yang menghasilkan radiasi pengion, dan penggunaannya di masyarakat tidak memerlukan pengawasan [16][17][18]. Kewajiban untuk memiliki izin berlaku untuk orang atau badan yang akan melakukan kegiatan:

- a. impor, ekspor, dan/ atau pengalihan barang konsumen [17]; atau
- b. produksi barang konsumen [18].

Sedangkan pengguna atau konsumen akhir barang konsumen yang mengandung zat radioaktif tidak diberlakukan kewajiban untuk memiliki izin [3].

Peraturan Kepala BAPETEN yang mengatur mengenai produk barang konsumen, juga tidak terdapat ketentuan terkait dengan baterai nuklir. Di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 5 Tahun 2016, produksi barang konsumen meliputi produksi [18]:

- a. detektor asap;
- b. peralatan yang mengandung gas tritium;
- c. jam berpendar;
- d. starter lampu flourosensi;
- e. lampu yang mengandung zat radioaktif;
- f. peralatan anti-statis (*anti-static devices*) yang mengandung Polonium; dan
- g. batu mulia (*gemstone*) teriradiasi.

Sedangkan di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 17 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Kegiatan Impor, Ekspor, dan Pengalihan Barang Konsumen, pengaturan jenis barang konsumen yang masuk dalam lingkup impor, ekspor, dan pengalihan adalah [17]:

- a. detektor asap;
- b. barang-barang yang berlapis zat radioaktif;
- c. barang-barang yang mengandung sumber cahaya gas tritium (*Gaseous tritium light sources/GTLS*);
- d. peralatan elektronik memanfaatkan zat radioaktif;
- e. barang-barang berlapis uranium atau thorium; dan
- f. peralatan anti-statis (*anti-static devices*) mengandung Polonium.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan pengaturan dalam pengawasan pemanfaatan baterai nuklir mungkin perlu dipertimbangkan dalam isu pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir. Baterai nuklir memang masih dalam tahap pengembangan dan ketentuan terkait pengawasannya masih belum ada, akan tetapi seiring dengan berlangsungnya proses amandemen PP Nomor 29 Tahun 2008,

menurut opini dari penulis terdapat beberapa pertimbangan yang digunakan untuk mengidentifikasi persyaratan-persyaratan sebagai pengaturan yang mungkin diperlukan dalam mengawasi perkembangan pemanfaatan baterai nuklir, diantaranya adalah:

### a. Pengelompokan Pemanfaatan

Pengelompokan pemanfaatan perlu disesuaikan dengan perkembangan dan implementasi dari pelaksanaan PP Nomor 29 Tahun 2008. Sesuai dengan rekomendasi standar internasional, terkait dengan perizinan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu notifikasi dan otorisasi (registrasi dan izin) [19][20]. Hanya saja penggunaan istilah notifikasi dan otorisasi tidak ditemukan dalam sistem pengaturan yang ada saat ini, dikarenakan nomenklatur yang digunakan dalam UU Nomor 10 Tahun 1997 hanya mengenal 1 (satu) nomenklatur yaitu izin[1].

Perlu dilakukan peninjauan terhadap pengelompokan pemanfaatan sebagai salah satu pertimbangan dalam menentukan baterai nuklir masuk ke dalam kelompok pemanfaatan tertentu. Dalam melakukan peninjauan kembali harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya adalah [21]:

1. tingkat resiko yang terkait dengan kegiatan pemanfaatan dan sumber radioaktif yang digunakan;
2. tingkat kerumitan dan kompleksitas peralatan dan fasilitas atau instalasi dalam kegiatan pemanfaatan dan sumber radioaktif yang digukan;
3. besarnya tenaga kerja langsung atau tidak langsung berhubungan dengan paparan kerja; dan
4. potensi dampak sebagai konsekuensi dari kecelakaan radiasi dan potensi terhadap sumber radioaktif yang digunakan.

Di dalam ketentuan pengaturan PP No. 29 Tahun 2008, kegiatan pemanfaatan yang terbagi dalam 3 (tiga) kelompok pemanfaatan sudah tertuliskan sangat detail. Peninjauan kembali obyek kegiatan pemanfaatan tersebut untuk memastikan bahwa kegiatan pemanfaatan tersebut sesuai dengan penempatan kelompok pemanfaatannya. Tinjauan terhadap pengelompokan pemanfaatan bisa dilakukan dengan melihat kendala atau kelemahan dalam proses implementasi pelaksanaan PP No. 29 Tahun 2008. Beberapa hal yang dimungkinkan terkait dengan tersebut tersebut akan menghasilkan:

1. Pengelompokan pemanfaatan masih sesuai dan dapat dipertimbangkan tetap menjadi 3 (tiga) kelompok besar serta sesuai dengan kondisi

saat ini dan yang dimungkinkan dimasa yang akan datang; dan/atau

2. Pengelompokan pemanfaatan perlu di reposisi dan disesuaikan dengan kondisi saat ini dan yang dimungkinkan dimasa yang akan datang.

Sebagaimana yang ditelah diketahui bersama bahwa ketentuan pengaturan PP No. 29 Tahun 2008 resiko terkait dengan keselamatan radiasi dan keamanan sumber radioaktif. Berdasarkan rekomendasi IAEA dalam RS-G-1.5 terkait dengan kategorisasi sumber radioaktif dijelaskan bagaimana cara menentukan kategori dari suatu sumber radioaktif. Penentuan kategori sumber radioaktif didasarkan pada perhitungan rasio A/D. A adalah aktivitas sumber, sedangkan nilai D adalah nilai yang menggambarkan tingkat bahaya dari suatu sumber radioaktif. Salah satu contoh dari sumber radioaktif yang dijelaskan dalam rekomendasi IAEA RS-G-1.9 adalah RTG. RTG masuk ke dalam kategori 1 sumber radioaktif [16][22]. Kategorisasi sumber radioaktif didasarkan pada nilai A/D sebagaimana ditampilkan di dalam tabel 1. Pendekatan terhadap kategori sumber radioaktifnya merupakan salah satu cara dalam melakukan pendekatan terhadap pengelompokan pemanfaatan terutama dalam hal ini adalah pengawasan terhadap muncul dan berkembangnya berbagai macam jenis baterai nuklir.

Tabel 1. Hubungan antara Kategori Sumber Radioaktif dengan nilai A/D [22]

Kategori Sumber Radioaktif	Rasio A/D
1	$A/D \geq 1000$
2	$1000 > A/D \geq 10$
3	$10 > A/D \geq 1$
4	$1 > A/D \geq 0,01$
5	$0,01 > A/D$ dan $A >$ tingkat pengecualian

#### b. Dokumen Kajian Justifikasi

Di dalam ketentuan pengaturan dalam PP No. 29 Tahun 2008 juga tidak memberikan informasi dan mekanisme jika terdapat pemohon ingin mengajukan kegiatan di luar pengelompokan pemanfaatan. Sehingga untuk memenuhi asas kepastian hukum, selain dengan menggunakan opsi meninjau kembali aspek pengelompokan pemanfaatan, maka perlu

menetapkan opsi lainnya. Opsi yang diusulkan juga harus sejalan dengan proses amendemen PP Nomor 29 Tahun 2008 yang masih berlangsung saat ini.

Opsi yang bisa ditawarkan misalnya terdapat kegiatan pemanfaatan di luar dari kelompok pemanfaatan, maka pemohon dapat mengajukan permohonan izin pemanfaatan tenaga nuklir dengan memenuhi ketentuan tertentu. Ketentuan tertentu tersebut dapat berupa dokumen kajian justifikasi baterai nuklir yang menyatakan bahwa kegiatan pemanfaatan baterai nuklir memenuhi ketentuan proteksi dan keselamatan radiasi. Dokumen kajian justifikasi dapat dianalogikan seperti yang ada di Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 5 Tahun 2016 tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Barang Konsumen. Di dalam pengaturan produksi barang konsumen, apabila pemohon ingin memproduksi barang konsumen di luar dari jenis barang konsumen yang telah terjustifikasi dalam lingkup peraturan, maka pemohon harus mengajukan permohonan dan menyampaikan dokumen kajian justifikasi produksi barang konsumen.

Dokumen kajian justifikasi yang dianalogikan seperti pada produksi barang konsumen inilah yang dapat digunakan sebagai opsi misalnya terdapat kegiatan pemanfaatan di luar dari kelompok pemanfaatan. Dokumen kajian justifikasi harus dibuat oleh pemohon dan disampaikan kepada Kepala BAPETEN. Kepala BAPETEN melakukan penilaian terhadap dokumen kajian justifikasi untuk menentukan permohonan yang tertuang dalam dokumen kajian justifikasi tersebut sudah memenuhi prinsip justifikasi atau belum memenuhi prinsip justifikasi.

Tujuan dari penggunaan baterai nuklir harus tertuang jelas dalam dokumen kajian justifikasi ini. Hal ini untuk mengetahui bahwa memang penggunaan baterai nuklir tetap memenuhi asas manfaat yang diperoleh lebih besar daripada resiko yang ditimbulkan. Dokumen kajian justifikasi dalam kegiatan pemanfaatan baterai nuklir dapat berisi diantaranya:

1. deskripsi baterai nuklir dan tujuan penggunaan zat radioaktif pada baterai nuklir tersebut;
2. justifikasi penggunaan zat radioaktif pada baterai nuklir dengan membuat perbandingan dengan baterai yang tidak menggunakan zat radioaktif;
3. pemilihan radioisotop yang digunakan pada baterai nuklir seperti aktivitas, konsentrasi aktivitas, bentuk fisika, bentuk kimia, waktu paruh, energi peluruhan radiasi, ada tidaknya

- radiasi yang dipancarkan oleh isotop, dan asal radioisotop (alam, produk fisi, atau akselerator);
4. kajian resiko yang menunjukkan bahwa dosis terhadap masyarakat dari penggunaan baterai nuklir, pembuangan, dan insiden-insiden yang dapat diperkirakan tidak akan melewati pembatas dosis yang telah ditetapkan;
  5. gambar konstruksi baterai nuklir;
  6. detail dan hasil uji prototipe baterai nuklir;
  7. prosedur penggunaan, pemasangan, dan perawatan baterai nuklir;
  8. informasi kemungkinan adanya konsekuensi dari kesalahan penggunaan, kerusakan, atau kegagalan; dan
  9. prosedur penyimpanan sementara dan pembuangan akhir baterai nuklir.

## KESIMPULAN

Tinjauan pengaturan dalam pengawasan pemanfaatan baterai nuklir untuk mengetahui dan mengidentifikasi infrastruktur pengawasan dalam mengawasi kemungkinan muncul dan berkembangnya pemanfaatan tenaga nuklir berupa baterai nuklir. Hal yang mungkin terjadi adalah terdapat kegiatan pemanfaatan baru yang belum terlindungi dalam 3 (tiga) kelompok pemanfaatan tersebut. Sehingga perlu dilakukan pendekatan tertentu agar suatu kegiatan pemanfaatan yang mungkin tidak masuk kedalam lingkup kelompok pemanfaatan PP Nomor 29 Tahun 2008 dapat tetap terawasi kegiatan pemanfaatannya. Pendekatan yang diambil harus sejalan dengan sedang berlangsungnya proses amandemen PP Nomor 29 Tahun 2008, pendekatan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal diantaranya

1. peninjauan kembali pengelompokan pemanfaatan; dan Pendekatan dalam isu pengelompokan pemanfaatan harus mempertimbangkan potensi bahaya radiasi, tingkat kerumitan fasilitas, kompleksitas peralatan atau fasilitas, jumlah dan kompetensi personil yang bekerja, potensi dampak kecelakaan radiasi dan potensi terhadap sumber radioaktif yang digunakan.
2. perlunya ketentuan/ persyaratan tambahan melalui dokumen kajian justifikasi dalam hal terdapat pemanfaatan tenaga nuklir di luar pengelompokan pemanfaatan.

Dokumen kajian justifikasi yang berisikan diantaranya terkait deskripsi, tujuan

penggunaan, perbandingan baterai konvensional dan baterai nuklir, kajian dosis terhadap masyarakat, pengujian, prosedur penggunaan, prosedur pemasangan, prosedur perawatan, prosedur penyimpanan sementara, atau prosedur pembuangan akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Republik Indonesia (1997) Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. Setneg, Jakarta.
- [2] Republik Indonesia (2007) Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif. Setneg, Jakarta.
- [3] Republik Indonesia (2008) Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 Tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion Dan Bahan Nuklir. Setneg, Jakarta.
- [4] "Kamus Besar Bahasa Indonesia." [Online]. Available: <http://kbbi.web.id/>.
- [5] Rumianto Manurung (2014) Analisis Daya Pada Baterai Dengan Metode Charge Dan Discharge. Universitas Sumatera Utara.
- [6] Arsandi Widitya (2007) Pengaruh Variasi Elektrolit Jembatan Garam Terhadap Impedansi Sel Galvanik Cu/Zn. Institut Teknologi Bandung.
- [7] L. W. Atissalam (2004) Gama Powerbatik: Inovasi Power Bank Murah Berbasis Baterai Isi Ulang Ni-Mh (Nikel Metal Hidrida). Universitas Gajah Mada.
- [8] M. K. Sneve (2006) Remote Control. IAEA Buletin vol. 48/I:42-47.
- [9] Pratik Patil (2012) "A Seminar On Nuclear Battery". AITM, India.
- [10] M. A. Prelas, C. L. Weaver, M. L. Watermann, E. D. Lukosi, R. J. Schott, and D. A. Wisniewski (2014) A Review of Nuclear Batteries. Prog. Nucl. Energy vol. 75: 117-148.
- [11] J. Blanchard (2005) Radioisotope Batteries for MEMS.
- [12] F. N. Huffman, J. J. Migliore, W. J. Robinson, and J. C. Norman (1974) Radioisotope Powered Cardiac Pacemakers. IEEE Trans. Nucl. Sci. vol. 21:707-713.
- [13] R. Lao (2011) A Modular Design for Nuclear Battery Technology. pp. 1-21.
- [14] W. Olsen, Larry C. (Richland, WA), Seeman, Stephen E. (Kennewick, WA), Griffin, Bobby I. (Richland, WA), Ambrose, Charles J. (Richland) (1972) Nuclear Battery. US Patent 3706893.
- [15] U. Raffaele, Ryne P. (Honeoye Falls, NY), U. Jenkins, Phillip (Cleveland Heights, OH), U. Wilt, David (Bay Village, OH), U. Scheiman, David (Cleveland, OH), U. Chubb, Donald (Olmsted Falls, OH), and U. Castro,

Stephanie (Westlake, OH) (2011) Alpha Voltaic Batteries and Methods Thereof. US Patent 7867639 B2.

[16] IAEA (2014) Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part 3). IAEA, Vienna.

[17] Republik Indonesia (2013), Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 17 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Kegiatan Impor, Ekspor, dan Pengalihan Barang Konsumen. Setneg, Jakarta.

[18] Republik Indonesia (2016) Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 5 Tahun 2016 tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Barang Konsumen. Setneg, Jakarta.

[19] IAEA (2004) Regulatory Control of radiation Sources (GS-G-1.5). IAEA, Vienna.

[20] IAEA (2007) Notification and Authorization for the Use of Radiation Sources (TECDOC-1525). IAEA, Vienna.

[21] IAEA (1999) Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure Governing Protection Against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources (TECDOC-1067). IAEA, Vienna.

[22] IAEA (2005) Categorization of Radioactive Sources (RS-G-1.9). IAEA, Vienna.

NO	Nama penanya	Kode Makalah	Nama Penyaji	Pertanyaan dan Jawaban
1.	Satria P (BAPETEN)	OA09	Hermawan PY (BAPETEN)	<p>1. Apa keunggulan dan kelemahan baterai nuklir?</p> <p>2. Baterai nuklir didekati dengan regulasi barang konsumen, apakah baterai nuklir tidak memiliki resiko kepada masyarakat?</p> <p>3. Baterai nuklir vs PLTN, kenapa baterai nuklir masih jarang yang dikembangkan di Indonesia, sedangkan PLTN banyak yang ingin mengembangkan?</p> <p>Jawab:</p> <p>1. Keunggulan dari baterai nuklir diantaranya adalah masa pakai dari baterai yang lama dibandingkan dengan baterai konvensional. Kekurangannya adalah sampai saat ini masih dilakukan berbagai macam penelitian dan pengembangan terkait dengan baterai nuklir. Membutuhkan perisai radiasi/ shielding yang cukup untuk menahan aktivitas tertentu.</p> <p>2. Barang konsumen adalah setiap peralatan atau barang yang mengandung zat radioaktif yang sengaja dimasukkan atau sebagai hasil aktivasi, atau peralatan atau barang yang menghasilkan radiasi pengion, dan penggunaannya di masyarakat tidak memerlukan pengawasan. Penulis mencoba melakukan pendekatan dari segi barang konsumen, karena bukan tidak mungkin suatu saat bahwa baterai nuklir dapat digunakan secara bebas tanpa. Hanya saja memang ini masih sebatas asumsi dari untuk melakukan pendekatan bahwa saat ini regulasi yang dimiliki dan agak berdekatan dengan topik yang dibahas (baterai nuklir) adalah barang konsumen.</p> <p>3. Perkembangan baterai nuklir masih terus berlangsung saat ini dengan berbagai macam aspek yang diteliti termasuk aspek keselamatan.</p>

2.	M. Alfian (BAPETEN)	OA09	Hermawan PY (BAPETEN)	<p>1. Apakah reaksi baterai nuklir dihasilkan dari reaksi inti?</p> <p>2. Jika dianggap sebagai barang konsumen, apakah persyaratan dosis efektif 10 mikrosievert/tahun tercakup dalam dokumen justifikasi?</p> <p>Jawab:</p> <p>1. Prinsip dalam baterai nuklir dalam mengubah energi dari peluruhan radioaktif menjadi energi listrik dilakukan dengan menggunakan teknik konversi tertentu. Teknik konversi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu thermal dan non-thermal.</p> <p>Konverter Thermal yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Thermionic Converters;</i></li> <li>• <i>Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG);</i></li> <li>• <i>Thermophotovoltaic Cells;</i></li> <li>• <i>Alkali-Metal Thermal to Electric Converter (AMTEC);</i> dan</li> <li>• <i>Advanced Stirling Radioisotope Generator (ASRG).</i></li> </ul> <p>Konverter Non-Thermal yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Direct Charging Generators;</i></li> <li>• <i>Optoelectric;</i></li> <li>• <i>Alphavoltaics;</i> dan</li> <li>• <i>Betavoltaic.</i></li> </ul> <p>2. Barang konsumen adalah setiap peralatan atau barang yang mengandung zat radioaktif yang sengaja dimasukkan atau sebagai hasil aktivasi, atau peralatan atau barang yang menghasilkan radiasi pengion, dan penggunaannya di masyarakat tidak memerlukan pengawasan. Penulis mencoba melakukan pendekatan dari segi barang konsumen, karena bukan tidak mungkin suatu saat bahwa baterai nuklir dapat digunakan secara bebas tanpa pengawasan. Hanya saja memang ini masih sebatas asumsi dari untuk melakukan pendekatan bahwa saat ini regulasi yang dimiliki dan agak berdekatan dengan topik yang dibahas (baterai nuklir) adalah barang konsumen. Dalam dokumen justifikasi memang harus memperhitungkan dosis yang akan diterima.</p>
----	------------------------	------	--------------------------	--