



Usulan kriteria pemulangan pasien (*patient release*) kedokteran nuklir di Indonesia

Endang Kunarsih¹, Hermansyah¹, Rusmanto¹ 

¹Pusat Pengkajian Sistem dan Teknologi Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif – BAPETEN, Jakarta

e-mail: e.kunarsih@bapeten.go.id

Artikel Tinjauan

Menyerahkan

28 September 2021

Diterima

16 November 2021

Terbit

15 Desember 2021

ABSTRAK

PROSES KEDOKTERAN NUKLIR DILAKSANAKAN DENGAN MENGAPLIKASIKAN ZAT RADIOAKTIF TERBUKA KE DALAM TUBUH PASIEN. Artinya, pasien tersebut diasumsikan sebagai 'sumber radiasi' sehingga perlu mengikuti ketentuan khusus agar keberadaannya tidak memberikan paparan yang tidak perlu kepada individu di sekitarnya. Oleh karena itu, saat pasien dipulangkan dari rumah sakit harus dipastikan bahwa paparan radiasi yang berasal dari pasien tersebut tidak memapari individu yang ada di sekitarnya. Namun demikian, beberapa regulasi yang terkait belum mengatur secara rinci hal tersebut. Dalam tulisan ini dilakukan telaah terkait kriteria-kriteria yang dapat dipertimbangkan pada pemulangan pasien kedokteran nuklir. Metode yang digunakan berupa studi pustaka. Hasil telaah merekomendasikan kriteria pemulangan melalui dua pendekatan berdasarkan perkiraan dosis efektif maksimum yang mungkin akan diterima masyarakat yaitu pemulangan kondisional dengan perkiraan dosis kurang dari atau sama dengan 5 mSv dan pemulangan nonkondisional dengan perkiraan dosis kurang dari atau sama dengan 1 mSv. Pemulangan kondisional berupa pemulangan pasien dengan dibekali panduan pasca pemulangan, sedangkan pemulangan non kondisional berupa pemulangan pasien tanpa dibekali panduan pasca pemulangan.

Kata kunci: kedokteran nuklir, pemulangan pasien.

ABSTACT

Nuclear medicine procedures are carried out by applying a radioactive substance to the patient's body. Thus, the patient can be assumed to be a 'radiation source' and needs to follow special provisions so that his presence does not expose nearby individuals unnecessarily. Therefore, when the patient is released from the hospital, it must ensure that the patient's radiation exposure does not expose the individuals in the vicinity. However, several related regulations have not regulated this in detail. In this paper, a study is carried out regarding the criteria considered in the release of nuclear medicine patients. The method used is a literature study. The study results recommend release criteria through two approaches based on the estimated maximum effective dose that the public may accept, namely conditional release with a calculated dose of less than or equal to 5 mSv and unconditional release with an estimated dose of less than or equal to 1 mSv. Conditional release is the release of a patient provided with post-release guidance, while unconditional release is the release of the patient without being supplied with post-release advice.

Keywords: nuclear medicine, patient release, conditional release, unconditional release

1. PENDAHULUAN

Kedokteran nuklir merupakan bidang ilmu medis yang memanfaatkan radiofarmaka, berupa zat radioaktif terbuka, untuk mengobati dan/atau mendiagnosis pasien. Radiofarmaka bersifat unik di antara agen terapeutik lainnya, radiofarmaka tidak hanya memberikan efek pada pasien yang menjalani perawatan, tetapi dapat secara langsung mempengaruhi kesehatan dan keselamatan individu yang berhubungan dengan atau berada di sekitar pasien [1].

Proses kedokteran nuklir dilaksanakan dengan mengaplikasikan radiofarmaka ke dalam tubuh pasien. Artinya pasien tersebut dapat diasumsikan sebagai 'sumber radiasi' sehingga perlu mengikuti ketentuan khusus agar keberadaannya tidak memberikan paparan yang tidak perlu kepada individu di sekitarnya. Oleh karena itu, saat memulangkan pasien harus dipastikan bahwa paparan radiasi yang berasal dari pasien tersebut tidak berdampak pada anggota keluarga atau masyarakat yang ada di sekitarnya.

Ketentuan keselamatan radiasi dalam praktik pelaksanaan kedokteran nuklir telah diatur dalam Peraturan Kepala (Perka) Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 17 Tahun 2012 tentang Keselamatan Radiasi dalam Kedokteran Nuklir. Namun, ketentuan atau kriteria pemulangan pasien kedokteran nuklir hingga saat ini belum diatur secara jelas dalam regulasi BAPETEN dan Kementerian Kesehatan (KEMENKES).

Pada Perka BAPETEN Nomor 17 Tahun 2012 substansi terkait pemulangan pasien hanya diberikan secara singkat di Pasal 46 huruf d dan Pasal 51, yaitu bahwa perlu menerapkan tingkat panduan maksimum bagi pasien terapi yang akan keluar dari rumah sakit sebesar sebesar 1.100 MBq untuk pemberian I-131 [2]. Begitu pula dalam Pedoman Teknis Keselamatan Radiasi Pada Kedokteran Nuklir Tahun 2016, substansi terkait pemulangan pasien hanya disinggung secara terbatas [3]. Pada praktiknya di Indonesia saat ini, jenis radiofarmaka yang digunakan baik untuk pasien terapi maupun diagnostik telah beragam dan dengan jumlah aktivitas yang berbeda-beda, bergantung pada jenis penyakit pasien. Penggunaan jenis dan aktivitas radiofarmaka akan mempengaruhi penerapan

ketentuan pemulangan pasien. Hal ini menunjukkan urgennya diperlukannya telaah kriteria-kriteria yang dapat dipertimbangkan pada saat pemulangan pasien kedokteran nuklir.

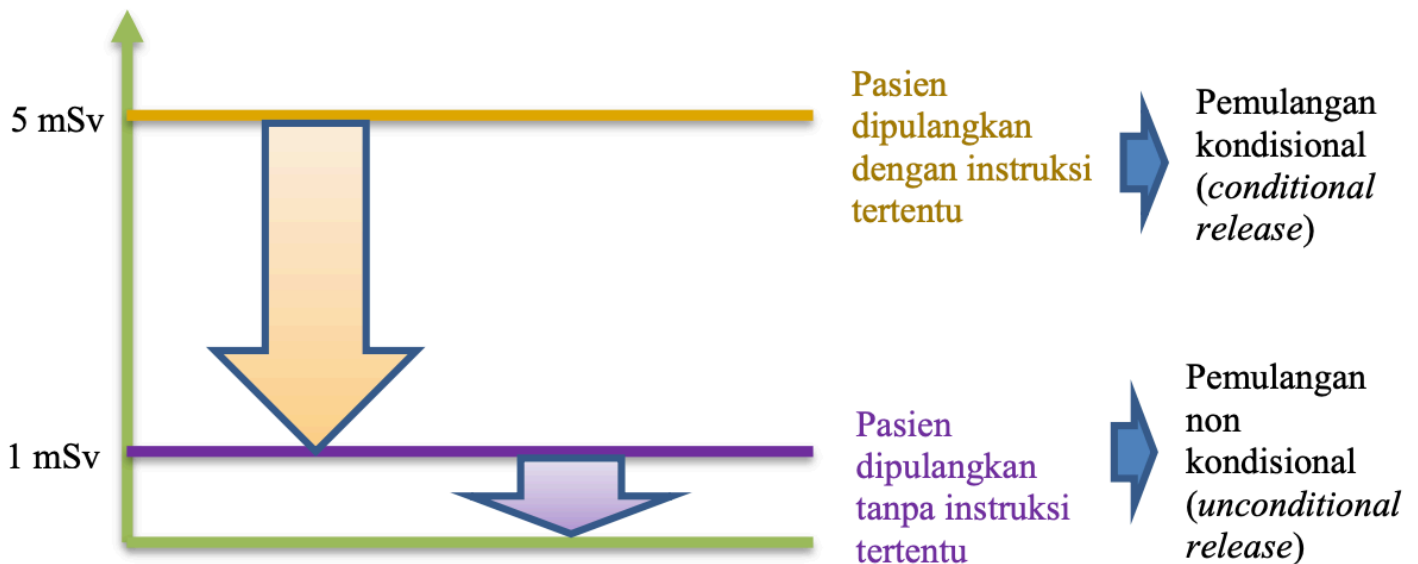
Tulisan ini menelaah kriteria umum dan kriteria teknis yang dapat direkomendasikan untuk praktik pemulangan pasien kedokteran nuklir di Indonesia. Metode penulisan yang digunakan adalah analisis deskriptif melalui studi pustaka terhadap peraturan dan standar serta artikel ilmiah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kedokteran Nuklir adalah kegiatan pelayanan kedokteran yang menggunakan zat radioaktif terbuka dari peluruhan inti berupa radionuklida dan/atau radiofarmaka untuk tujuan diagnostik, terapi, dan penelitian biomedik, yang didasarkan pada proses fisiologik, patofisiologik, dan metabolisme [2]. Zat radioaktif terbuka (radionuklida dan/atau radiofarmaka) yang dimasukkan ke dalam tubuh manusia bersama dengan senyawa pembawa (*carrier*) akan menuju ke organ target melalui sistem metabolisme tubuh. Radionuklida dan/atau radiofarmaka dimasukkan ke dalam tubuh pasien melalui cara diminum (oral), disuntikkan (injeksi) atau dihirup melalui hidung (inhalasi).

Proses kedokteran nuklir secara umum memberikan potensi risiko kontaminasi, paparan radiasi eksternal dan paparan radiasi internal kepada pekerja, masyarakat dan lingkungan. Potensi risiko yang dapat diterima oleh pekerja sebagai contoh adalah [3]–[5]:

1. Paparan radiasi eksternal, yang dapat diterima pada saat melakukan kegiatan penerimaan zat radioaktif dari pemasok, pengukuran aktivitas zat radioaktif, penyimpanan zat radioaktif, elusi radionuklida, labelling radionuklida, pemberian radionuklida kepada pasien, pemeriksaan pasien, perawatan pasien, pengangkutan internal zat radioaktif, penanganan limbah radioaktif, pencitraan pasien menggunakan modalitas pencitraan teknologi hibrid, dan lainnya.
2. Paparan radiasi internal, yang dapat diterima melalui kontaminasi dari tumpahan zat radioaktif, penanganan darurat medis pasien terapi, operasi



Gambar 1: Diagram kategori pemulangan pasien

darurat pasien terapi, otopsi pasien terapi yang meninggal, dan lainnya.

Potensi risiko yang dapat diterima oleh masyarakat dan lingkungan sebagai contoh adalah [3], [4]:

1. Paparan radiasi eksternal, yang kemungkinan dapat diterima apabila masyarakat berdekatan dengan pasien terapi radionuklida yang sudah dipulangkan dari rumah sakit, misalnya selama perjalanan atau kegiatan normal lainnya.
2. Paparan radiasi internal, yang kemungkinan dapat diterima melalui kontaminasi karena:
3. kontak langsung dengan cairan tubuh pasien terapi radionuklida yang sudah dipulangkan dari rumah sakit (misalnya dari urin, keringat, air ludah, hembusan nafas, feses, muntahan, darah, ASI, dan lainnya).
4. paparan melalui jalur lingkungan termasuk pembuangan limbah, pembuangan air, kremasi jenazah, dan lainnya.

Dalam makalah ini akan dibatasi pada potensi paparan kepada masyarakat yang diakibatkan dari adanya paparan radiasi pasien kedokteran nuklir yang telah dipulangkan dari rumah sakit.

Di beberapa negara memiliki ketentuan yang berbeda dalam hal memulangkan pasien kedokteran nuklir. Di Inggris, seorang pasien yang diberi dosis terapi radionuklida untuk dipulangkan ke rumah setelah menerima dosis 800 MBq [4]. Di Jepang, mengharuskan pasien tidak dikeluarkan dari bangsal

radiasi setelah terapi radionuklida sampai dipastikan bahwa kontak dengan anggota keluarga atau anggota masyarakat tidak akan menghasilkan dosis radiasi yang melebihi 1 mSv [6].

Pasien-pasien pasti harus pulang dari rumah sakit, namun periode di mana seorang pasien harus tinggal/rawat inap merupakan masalah yang signifikan dalam proteksi radiasi medis. Faktor-faktor seperti susunan keluarga dan waktu yang dihabiskan untuk kontak dengan keluarga dan masyarakat, serta status sosio ekonomi pasien mempengaruhi jumlah radiasi yang akan diterima oleh keluarga dan masyarakat sekitarnya [6]. Oleh karena itu sulit untuk membuat keputusan kategoris tentang ketentuan pemulangan pasien.

Dalam hal pencegahan potensi paparan kepada masyarakat yang diakibatkan dari adanya paparan radiasi pasien kedokteran nuklir yang telah dipulangkan, pada Perka BAPETEN Nomor 17 Tahun 2012 Pasal 46 huruf d dan Pasal 51 menjelaskan bahwa tingkat panduan aktivitas maksimum radionuklida perlu diterapkan bagi pasien terapi yang akan keluar dari rumah sakit, yaitu sebesar 1.100 MBq untuk pemberian I-131 [2]. Hingga saat ini, jumlah fasilitas kedokteran nuklir yang beroperasi di Indonesia sekitar 14 rumah sakit menurut data Balis per 12 Juni 2021 (<https://balis.bapeten.go.id>). Pada praktiknya, beberapa rumah sakit tersebut tidak hanya menggunakan I-131 namun juga beberapa radionuklida lainnya dengan besarnya aktivitas yang berbeda-beda.

3. METODE

Makalah ini ditulis dengan metode deskriptif analitik, dengan telaah pada standar atau pedoman internasional yang terkait dengan rilis pasien, dan hasil pembahasan dengan para praktisi kedokteran nuklir. Dengan metode seperti ini diharapkan diperoleh hasil revidi dan usulan mengenai kriteria pemulangan pasien kedokteran nuklir di Indonesia.

4. PEMBAHASAN

A. Kriteria Umum Pemulangan Pasien

Keputusan untuk merawat inap atau memulangkan pasien kedokteran nuklir perlu dibuat dengan pertimbangan matang, yang mencakup kondisi klinis pasien dan potensi risiko paparan radiasi kepada anggota masyarakat dan lingkungan serta situasi nonteknis lainnya. Kriteria-kriteria tersebut diantaranya adalah [4][7]–[11]:

1. Kebutuhan medis dan kondisi fisik pasien;
2. Perawatan inkontinensia atau *ostomy*;
3. Usia dan jenis kelamin (termasuk untuk melihat potensi pasien hamil atau sedang menyusui);
4. Lingkungan keluarga / tempat tinggal:
 - ♦ adanya wanita hamil atau menyusui di rumah;
 - ♦ jenis kelamin dan usia setiap anggota keluarga (untuk mengetahui adanya bayi, anak-anak, orang lanjut usia);
 - ♦ informasi mitra tidur;
5. Rencana perjalanan pasca pemulangan dan alat transportasi yang digunakan dari rumah sakit ke rumah (misalnya kendaraan pribadi yang dikendarai sendiri, kendaraan umum yang dikendarai bersama orang lain, rute/jarak yang ditempuh);
6. Jenis tempat tinggal pasca pemulangan (misalnya rumah yang dihuni sendiri, rumah dihuni beberapa orang, apartemen, panti jompo, hotel, fasilitas perawatan, fasilitas penahanan, dan lainnya);
7. Jenis rutinitas pekerjaan atau kegiatan (untuk melihat pola kontak dengan orang lain, termasuk

adanya wanita hamil atau anak di bawah umur di tempat kerja);

8. Faktor biaya, termasuk penggunaan asuransi kesehatan;
9. Kemampuan untuk memahami instruksi.

Informasi di atas perlu digali kepada pasien dan dicatat/direkam sejak tahap awal perencanaan perawatan pasien. Informasi tersebut akan berguna untuk membuat asumsi dalam perhitungan dan keputusan pemulangan, misalnya [9][11]:

1. memberikan perkiraan khusus pasien tentang kemungkinan dosis kumulatif yang diterima anggota masyarakat lainnya;
 2. tindakan perlindungan langsung yang sesuai;
 3. memberikan waktu kepada pasien untuk merencanakan isolasi pasca pemulangan; dan
 4. menilai kapasitas pasien dalam memahami prosedur dan melakukan tindakan pencegahan.
5. Kriteria Teknis Pemulangan Pasien

Laju paparan radiasi dan/atau besarnya aktivitas dari pasien kedokteran nuklir yang akan dipulangkan perlu menjadi perhatian sehingga menjamin proteksi dan keselamatan radiasi bagi masyarakat dan lingkungan. Oleh karena itu melakukan pengukuran laju paparan radiasi terhadap pasien setelah pemberian radiofarmaka dan memastikan laju paparan di bawah nilai tingkat panduan sebelum pasien tersebut dipulangkan [7].

Namun demikian, tidak semua situasi pasien mendapatkan perlakuan yang sama dalam hal ketentuan pemulangan dan tindakan pasca pemulangan. Dengan memperhatikan aspek utama yaitu bahwa paparan radiasi kepada masyarakat harus seminimal mungkin maka indikator teknis yang terlibat adalah perkiraan dosis efektif maksimum yang mungkin akan diterima masyarakat dari pasien yang dipulangkan tersebut. Dengan konteks ini, maka direkomendasikan 2 (dua) pendekatan sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 1, yaitu:

1. Apabila perkiraan dosis efektif maksimum yang diterima masyarakat kurang dari atau sama dengan 1 mSv, maka pasien dapat dipulangkan tanpa dibekali instruksi atau panduan pasca pemulangan (pemulangan non kondisional).

2. Apabila perkiraan dosis efektif maksimum yang diterima masyarakat kurang dari atau sama dengan 5 mSv, maka pasien dapat dipulangkan dengan dibekali instruksi atau panduan pasca pemulangan (pemulangan kondisional).

Menurut dokumen *Regulatory Guide* (RG) 8.39 Rev1, dalam menetapkan kriteria pasien yang akan dipulangkan dapat mempertimbangkan parameter berikut [9]:

1. Jumlah aktivitas yang diberikan ke pasien (*The Administered Activity*);
2. Laju dosis terukur (*The Measured Dose Rate*); atau
3. Penghitungan dosis spesifik pasien (*Patient-Specific Dose Calculations*).

Sedangkan menurut dokumen IAEA SRS 63, dalam menetapkan kriteria pemulangan pasien dapat melalui cara pengukuran aktivitas maksimum yang tersisa dalam tubuh pasien [4].

Dalam telaah ini parameter teknis yang digunakan akan dibatasi pada jumlah aktivitas yang diberikan kepada pasien dan laju dosis terukur pada pasien serta mengacu pada pendekatan yang diilustrasikan pada Gambar 1.

Berdasarkan hal tersebut, direkomendasikan kriteria pemulangan kondisional yang tersaji pada Tabel 1 dan kriteria pemulangan nonkondisional yang tersaji pada Tabel 2.

Besarnya aktivitas radionuklida dalam tabel tersebut berdasarkan asumsi konservatif yaitu dosis efektif total untuk seorang individu yang terpapar dari pasien setara dengan 5 mSv (untuk Tabel 1) atau 1 mSv (untuk Tabel 2), dengan mempertimbangkan aktivitas yang diberikan kepada pasien, waktu paruh fisik radionuklida, faktor okupansi, dan tidak ada pelindung jaringan [9]. Total dosis efektif diperkirakan sama dengan dosis eksternal karena dosis internal merupakan fraksi kecil dari dosis eksternal.

Dalam dokumen RG 8.39 Rev 1 menyebutkan bahwa NCRP Report 37 memberikan rekomendasi cara menghitung paparan pada waktu t dengan jarak r dari pasien adalah menggunakan persamaan [9].

$$D(t) = \frac{34,6 \cdot \Gamma \cdot Q_o \cdot T_p \cdot E}{r^2} \left(1 - e^{\frac{(-0,693 \cdot t)}{T_p}} \right) \quad (1)$$

dengan:

$D(t)$ adalah paparan terakumulasi pada waktu t , dalam mSv

34,6 adalah faktor konversi, dari 24 jam/hari dikalikan total integrasi peluruhan (1,44)

Γ adalah konstanta laju paparan untuk sumber titik, dalam mSv/mCi.jam pada jarak 1 cm

Q_o adalah aktivitas awal dari sumber titik pada saat dimulai interval waktu, dalam mCi

T_p adalah waktu paruh fisik, dalam hari

r adalah jarak dari sumber titik ke titik ukur, dalam cm

t adalah waktu paparan, dalam hari

E adalah faktor okupansi

Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung aktivitas pada pasien yang akan dipulangkan sebagaimana kriteria pada Tabel 1 dan Tabel 2, dengan ketentuan berikut [9]:

1. Dosis tertinggi yang kemungkinan diterima oleh individu akibat paparan dari pasien dianggap sebagai dosis untuk peluruhan total. Oleh karena itu, $\left(1 - e^{\frac{(-0,693 \cdot t)}{T_p}} \right)$ sama dengan 1.
2. Diasumsikan bahwa 1 R sama dengan 10 mSv (1 rem).
3. Aktivitas pasien dihitung menggunakan waktu paruh fisik radionuklida dan tidak memperhitungkan waktu paruh biologis radionuklida.
4. Untuk radionuklida dengan waktu paruh fisik lebih dari 1 hari dan tanpa pertimbangan eliminasi biologis, diasumsikan bahwa individu yang kemungkinan menerima dosis tertinggi dari paparan pasien akan menerima dosis 25 % dari dosis hingga total peluruhan pada jarak 1 meter, sehingga persamaan menjadi:

$$D(\infty) = \frac{24,6 \cdot \Gamma \cdot Q_o \cdot T_p \cdot (0,25)}{100^2} \quad (2)$$

5. Untuk radionuklida dengan waktu paruh fisik kurang dari atau sama dengan 1 hari, lebih sesuai menggunakan faktor okupansi dari 0,75 hingga 1,0 sehingga persamaan menjadi:

$$D(\infty) = \frac{24,6 \cdot \Gamma \cdot Q_o \cdot T_p \cdot (1)}{100^2} \quad (3)$$

Persamaan 2 dan 3 tersebut hanya untuk menghitung dosis dari paparan eksternal radiasi gama. Besarnya nilai D yang terhitung akan dibandingkan dengan nilai 5 mSv atau 1 mSv sehingga dapat menentukan kriteria pemulangan kondisional atau nonkondisional.

Kemudian untuk besaran laju paparan dari pasien, dapat dikaitkan dengan besarnya aktivitas radionuklida yang tersisa pada tubuh pasien. Menurut panduan dokumen IAEA SRS 63 Annex II, aktivitas yang tersisa di dalam tubuh pasien dapat diperkirakan dengan pendekatan langkah berikut [4]:

1. Mengukur laju paparan dari pasien pada jarak yang telah ditetapkan, segera setelah pemberian radiofarmaka dan sebelum ekskresi;

Tabel 1: Kriteria pemulangan kondisional [9]

Radionuklida	Kolom 1 Aktivitas sisa radionuklida ^(a)		Kolom 2 Laju paparan radiasi berjarak 1 m
	GBq	mCi	µSv/jam
Ag-111	19	520	80
Au-198	3,5	93	210
Cr-51	4,8	130	20
Cu-64	8,4	230	270
Cu-67	14	390	220
Ga-67	8,7	240	180
I-123	6,0	160	260
I-125	0,25	7	10
I-131	1,2	33	70
In-111	2,4	64	200
Re-186	28	770	150
Re-188	29	790	200
Sc-47	11	310	170
Se-75	0,089	2	5
Sm-153	26	700	300
Sn-117m	1,1	29	40
Tc-99m	28	760	580
Tl-201	16	430	190
Yb-169	0,37	10	20

Keterangan: Nilai aktivitas dihitung berdasarkan asumsi konservatif dosis efektif total pada individu sebesar 5 mSv

2. Pada waktu berikutnya yang telah ditentukan, diukur kembali laju paparan pada jarak yang sama. Pengukuran ini dapat dilakukan pada hari kedua, ketiga sampai mencapai kriteria pemulangan; dan
3. Hasil ukur pada langkah a) dan b) digunakan untuk memperkirakan aktivitas yang tersisa dengan rumus:

$$A_R = A_0 \cdot \frac{D}{D_0} \quad (4)$$

dengan:

A_R adalah aktivitas radiofarmaka yang tersisa pada saat pengukuran;

A_0 adalah aktivitas radiofarmaka yang diberikan;

D_0 adalah laju dosis atau laju paparan segera setelah pemberian radiofarmaka; dan

D adalah laju dosis atau laju paparan pada saat

Tabel 2: Kriteria pemulangan nonkondisional [9]

Radionuklida	Kolom 1 Aktivitas sisa radionuklida ^(a)		Kolom 2 Laju paparan radiasi berjarak 1 m
	GBq	mCi	µSv/jam
Ag-111	3,8	100	20
Au-198	0,69	19	40
Cr-51	0,96	26	4
Cu-64	1,7	45	50
Cu-67	2,9	77	40
Ga-67	1,7	47	40
I-123	1,2	33	50
I-125	0,05	1	2
I-131	0,24	7	20
In-111	0,47	13	40
Re-186	5,7	150	30
Re-188	5,8	160	40
Sc-47	2,3	62	30
Se-75	0,018	0,5	1
Sm-153	5,2	140	60
Sn-117m	0,21	6	9
Tc-99m	5,6	150	120
Tl-201	3,1	85	40
Yb-169	0,073	2	4

Keterangan: Nilai aktivitas dihitung berdasarkan asumsi konservatif dosis efektif total pada individu sebesar 1 mSv

pengukuran.

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 tersebut, Kolom 1 menyajikan batasan nilai aktivitas radiofarmaka dan Kolom 2 menyajikan batasan nilai laju dosis yang direkomendasikan untuk kriteria pemulangan pasien [9]. Dengan pendekatan tersebut, rumah sakit dapat memulangkan pasien dengan ketentuan apabila:

1. nilai aktivitas radiofarmaka yang diberikan kepada pasien kurang dari aktivitas dalam Kolom 1;
2. nilai aktivitas radiofarmaka yang diberikan kepada pasien melebihi aktivitas pada Kolom 1, namun setelah waktu tertentu meluruh sampai pada aktivitas seperti yang dicantumkan pada Kolom 1; atau
3. nilai aktivitas radiofarmaka yang diberikan kepada pasien lebih besar dari aktivitas yang tercantum dalam Kolom 1 namun laju dosis atau laju paparan yang diukur pada jarak 1 meter (dari permukaan pasien) tidak lebih besar dari nilai dalam Kolom 2.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemenuhan kriteria pemulangan tersebut perlu dilengkapi dengan adanya instruksi atau panduan pasca pemulangan untuk pasien dan perlu adanya pencatatan atau perekaman terhadap setiap proses yang dilakukan, utamanya yang menyangkut dasar keputusan pemulangan.

Instruksi/panduan kepada pasien perlu diberikan agar dalam menjalani kegiatannya pasca pemulangan dapat tetap meminimalisir paparan radiasi kepada anggota masyarakat. Instruksi/panduan tersebut secara umum harus mencakup [12]:

1. kebutuhan untuk membatasi kedekatan dengan anggota keluarga, terutama anak-anak, remaja dan wanita hamil;
2. pentingnya kebersihan pribadi untuk mencegah penyebaran kontaminasi; dan
3. rekomendasi tanggal dibolehkannya memulai kembali kegiatan sosial atau pekerjaan rutin secara normal.

Catatan dan/atau rekaman yang terkait dengan hal-hal yang menjadi dasar keputusan pemulangan pasien perlu dibuat dan disimpan untuk kriteria pemulangan kondisional ini [7], [13]. Rekaman tersebut mencakup informasi antara lain: hasil pengukuran paparan

radiasi pada pasien, metode pengukuran paparan radiasi pada pasien, alat ukur radiasi yang digunakan, tanggal pengukuran, nama pelaksana pengukuran, tanggal pemberian radionuklida, identitas pasien, dokter penanggung jawab.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemenuhan kriteria pemulangan tersebut tanpa perlu dilengkapi instruksi atau panduan pasca pemulangan bagi pasien dan tidak diwajibkan ada pencatatan atau perekaman terhadap proses pemulangan yang dilakukan.

Selain catatan/rekaman pasien yang perlu dibuat dan di simpan RS, kadang kala diperlukan surat keterangan yang relevan dengan riwayat pemberian radionuklida pada pasien untuk keperluan tertentu, misalnya syarat perjalanan. Surat keterangan tersebut hendaknya dilengkapi dengan informasi jenis radionuklida, bentuk radionuklida, aktivitas radionuklida yang diberikan, tanggal pemberian radionuklida dan nomor kontak fasilitas atau pihak yang dapat dihubungi terkait dengan kondisi pasien serta informasi lain yang relevan [4], [7], [12]. Surat keterangan tersebut hendaknya didesain sedemikian hingga mudah disimpan dan dibawa pasien apabila melakukan perjalanan atau kegiatan lainnya.

1. Tetapkan lokasi pengukuran;
2. Buat tanda di lantai untuk posisi pasien dan posisi alat ukur dengan jarak tertentu. Apabila diperkirakan laju paparan pada pasien masih besar, maka direkomendasikan dalam jarak 3 (tiga) meter, untuk meminimalkan paparan radiasi kepada personel dan meminimalkan pengaruh yang timbul dari distribusi aktivitas yang tidak seragam pada pasien (pasien tidak mewakili aktivitas sumber-titik) [7]. Namun, jika laju paparan sudah agak turun, maka direkomendasikan dilakukan pada jarak 1 (satu) meter; dan
3. Lakukan pengukuran pasien pada jarak tersebut. Pengukuran perlu dilakukan pada beberapa ketinggian titik ukur (sesuai ketinggian pasien) untuk mengetahui posisi dimana radionuklida di dalam tubuh pasien tersebut terkonsentrasi (yang ditunjukkan dari nilai hasil ukur tertinggi). Pada titik ukur dengan hasil ukur tertinggi tersebut kemudian dilakukan pengulangan pengukuran sesuai kebutuhan sehingga hasil ukur dapat lebih akurat.

Jika diperlukan untuk mengkonversi jarak antara pasien dengan alat ukur menjadi 1 (satu) meter, penting untuk mempertimbangkan fakta bahwa hukum kuadrat terbalik tidak dapat diterapkan jika jarak kurang dari 3 (tiga) meter. Untuk jarak kurang dari 3 (tiga) meter, konversi laju dosis dapat diperkirakan dengan Persamaan 5 berikut [4]:

$$D = D_1 \cdot x^{-1,5}$$

dengan:

D adalah laju dosis pada jarak x meter

x adalah jarak

D_1 adalah laju dosis pada jarak 1 meter

Untuk memastikan bahwa hasil pengukuran dapat diyakini merupakan nilai benar dari paparan radiasi yang berasal dari pasien maka tata laksana pengukuran perlu menjadi perhatian, seperti:

1. Pengukuran dilakukan di lokasi yang diupayakan bebas kontaminasi zat radioaktif;
2. Sebelum dilakukan pengukuran, pasien diminta mandi, keramas, dan mengganti baju sehingga potensi kontribusi paparan dari keringat dapat diminimalisir, selain itu perlu juga diminta untuk buang air kecil untuk mengeluarkan sisa-sisa radioaktif dari dalam tubuh; dan
3. Data bacaan hasil ukur pasien harus dikoreksi dengan data hasil ukur radiasi *background* atau latar, faktor kalibrasi alat ukur dan nilai koreksi bacaan berdasar kurva respon energi relatif pada alat ukur.

Selain itu, alat ukur radiasi yang digunakan hendaknya [2], [14]:

1. Memiliki rentang pengukuran yang memadai untuk mengukur laju dosis ambien setidaknya di seluruh rentang laju paparan radiasi yang dipancarkan dari zat radioaktif yang digunakan dalam kedokteran nuklir;
2. Mengindikasikan besaran ukur dengan ketidakpastian pengukuran kurang dari $\pm 25\%$, termasuk ketidakpastian yang diperoleh dari variasi respons dengan energi di atas rentang energi radiasi yang akan diukur; dan

Dikalibrasi secara berkala untuk menjamin keakuratan dan ketertelusuran hasil ukurnya.

Kalibrasi hendaknya dilakukan pada kondisi yang disesuaikan dengan rutinitas penggunaan alat ukur tersebut [15].

5. SIMPULAN

Kriteria pemulangan pasien perlu ditentukan untuk menjamin pencegahan paparan radiasi yang tidak perlu pada masyarakat di sekitar pasien.

Kriteria pemulangan pasien dapat direkomendasikan melalui 2 (dua) pendekatan berdasarkan perkiraan dosis efektif maksimum yang diterima masyarakat, yaitu untuk perkiraan dosis efektif yang kurang dari atau sama dengan 1 mSv, maka pasien dapat dipulangkan tanpa dibekali instruksi atau panduan pasca pemulangan (pemulangan nonkondisional) dan untuk perkiraan dosis efektif maksimum yang kurang dari atau sama dengan 5 mSv, maka pasien dapat dipulangkan dengan dibekali instruksi atau panduan pasca pemulangan (pemulangan kondisional).

Panduan pasca pemulangan dibuat untuk memastikan bahwa pasien tersebut menjalani kegiatannya secara terkendali sedemikian hingga mencegah paparan radiasi kepada anggota masyarakat di sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. G. Marsh and R. E. Reiman, *Current Practice for the Release of Patients Administered Radioactive Materials*, vol. IX, no. 1. New Mexico: The University of New Mexico Health Sciences Center College of Pharmacy, 2001.
- [2] BAPETEN, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 17 Tahun 2012 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Kedokteran Nuklir*. Indonesia, 2012.
- [3] E. Kunarsih and Rusmanto, *Pedoman Teknis Keselamatan Radiasi untuk Kedokteran Nuklir*. Jakarta: P2STFRZR, BAPETEN, 2016.
- [4] IAEA, *Safety Reports Series No. 63 - Release of Patients After Radionuclide Therapy*. Vienna, 2009.

- [5] S. Alramlawy and M. M. Khalil, "Effective Radiation Dose to Staff Members due to Myocardial Perfusion SPECT Imaging: Tracking the Exposure from Preparation to Patient Release," *Radiat. Prot. Dosimetry*, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1093/RPD/NCY071.
- [6] K. Koshida, K. Nishizawa, S. Koga, and T. Orito, "Levels of ¹³¹I Activity in Patients to Enable Hospital Discharge, Based on External Exposure of Family Members of The Patient in Japan," *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 83, no. 3, pp. 233–238, 1999, doi: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a032677.
- [7] ARPANSA, *RPS 4 - Recommendations for Discharge of Patients Undergoing Treatment with Radioactive Substances*. Australia: ARPANSA, 2002.
- [8] NCRP, "NCRP Report No. 155: Management of Radionuclide Therapy Patients," Bethesda, 2006.
- [9] U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Regulatory Guide 8.39 Revision 1 - Release of Patients Administered Radioactive Material," in *Regulatory Guide*, NRC Library, 2020.
- [10] C. Greaves, V. Senior, J. Barnett, M. Clark, J. Pope, and P. Hinton, "Research Report 416: Information to Accompany Patients Undergoing Nuclear Medicine Procedures," HSE Books, UK, 2006.
- [11] Y. Lahfi and O. Anjak, "Evaluation of the Release Criteria from Hospital of Thyroid Carcinoma Patient Treated with I-131," *Radiat. Prot. Dosimetry*, pp. 1–5, 2015, doi: 10.1093/rpd/ncv477.
- [12] ICRP, *ICRP Publication 94 - Release of patients after therapy with unsealed radionuclides*. Elsevier, 2004.
- [13] U.S. Nuclear Regulatory Commission, "NRC Regulations Title 10, Code of Federal Regulations, PART 35—Medical Use of by Product Material," *NRC Regulations*. <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part035/>.
- [14] ARPANSA, *RPS 14.2 - Safety Guide for Radiation Protection in Nuclear Medicine*. Australia: ARPANSA, 2008.
- [15] BAPETEN, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2006 Tentang Laboratorium Dosimetri, Kaibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi Terapi, dan Standarisasi Radionuklida*. Indonesia, 2006.