

PENGARUH LEPASAN TENORM PADA LAJU DOSIS RADIASI DI SEKITAR PLTU LABUAN, BANTEN

Niken Hayudanti Anggarini, Megi Stefanus

Magister Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 49

Email: niken150584@gmail.com

ABSTRAK

PENGARUH LEPASAN TENORM PADA LAJU DOSIS RADIASI DI SEKITAR PLTU LABUAN, BANTEN. Abu terbang adalah salah satu emisi dari PLTU berbahan bakar batu bara yang termasuk sebagai TENORM. Lepas abu terbang sebagai TENORM dari industri pembangkit listrik berbahan bakar batu bara berpotensi terakumulasi di lingkungan dan meningkatkan laju dosis radiasi lingkungan. Laju dosis radiasi lingkungan di sekitar PLTU Labuan belum terukur padahal dengan mengetahui hal ini dapat menilai dampak negatif lepasan abu terbang pada risiko paparan radiasi eksternal di masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur laju dosis radiasi lingkungan di sekitar PLTU Labuan dan menganalisis pengaruh radius pada laju dosis radiasi lingkungan. Metode penelitian adalah melakukan pengukuran laju dosis radiasi menggunakan alat surveymeter gamma dengan detektor NaI(Tl) jenis eksploranium GR-135 plus. Pengukuran dilakukan sepanjang lokasi grid yang telah ditentukan sebelumnya. Grid mewakili radius dari PLTU, semakin jauh dari PLTU semakin luas grid pengukurannya, grid yang ditentukan adalah sebesar 1x1 km, 3x3 km, 5x5 km, 10x10 km, 15x15 km. Lebih lanjut, pengaruh radius pada laju dosis radiasi diuji menggunakan uji anova. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan sebesar $47,71 \pm 4,17$ nSv/jam, masih lebih rendah jika dibandingkan rata-rata laju dosis radiasi gamma dari sumber terrestrial yang diterima masyarakat dunia berdasarkan data dari UNSCEAR sebesar 0,48 mSv/tahun (54,79 nSv/jam). Nilai ini juga masih di bawah rata-rata radiasi gamma di Pulau Jawa yang sebesar 0,46 mSv/tahun (52,51 nSv/jam). Penelitian ini juga menunjukkan bahwa radius memiliki pengaruh yang nyata pada laju dosis radiasi lingkungan. Kesimpulan penelitian ini adalah laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan masih aman dan terdapat pengaruh radius pada rata-rata laju dosis radiasi.

Kata kunci: TENORM, abu terbang, laju dosis radiasi, paparan radiasi eksternal.

ABSTRACT

EFFECT OF TENORM RELEASE ON RADIATION DOSE RATE AT COAL-FIRED POWER PLANT LABUAN, BANTEN. Flying ash is one of the emissions from coal-fired power plant which is included as TENORM. The fly ash discharge as TENORM from the coal-fired power plant industry has the potential to accumulate in the environment and increase the dose rate of environmental radiation. Environmental radiation dose rate around Labuan Power Plant has not been measurable, whereas it can assess the negative impact of fly ash release on the risk of exposure to external radiation in the community. The purpose of this study is to measure the rate of environmental radiation doses around Labuan Power Plant and to analyze the effect of radius on the dose rate of environmental radiation. The research method is to measure radiation dose rate using gamma surveymeter with detector NaI (TI) type eksploranium GR-135 plus. Measurements are made along the predetermined grid locations. The grid represents the radius of the power plant, the specified grid are 1x1 km, 3x3 km, 5x5 km, 10x10 km, 15x15 km. Furthermore, effect of radius on the rate of radiation dose was tested using anova. The measurement results show that the average rate of radiation dose around PLTU Labuan is 47.71 ± 4.17 nSv/hour, still lower than the average rate of gamma radiation dose from terrestrial sources received by the world community based on data from UNSCEAR of 0.48 mSv/year (54.79 nSv/hr). This average is also below the average of gamma radiation in Java which is 0.46 mSv/year (52.51 nSv/hr). The study also showed that the radius had a noticeable effect on the dose rate of environmental radiation. The conclusion of this research is the rate of radiation dose around Labuan power plant is still safe and radius effect on average of environmental radiation dose rate around Labuan Power Plant.

Keywords: TENORM, fly ash, environmental radiation dose rate, external radiation exposure.

PENDAHULUAN

Salah satu industri penghasil TENORM adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batu bara. Pembangkit listrik menggunakan batu bara sebagai energi panas dengan pembakaran pada suhu tertentu sehingga menghasilkan limbah pembakaran seperti *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar). Batu bara dengan konsentrasi radionuklida relatif lebih tinggi dibandingkan tanah (9) tentunya menghasilkan limbah pembakaran mengandung TENORM dengan konsentrasi tertentu. Konsentrasi TENORM pada abu terbang dan abu dasar dapat lebih tinggi 5-10 kali lipat jika dibandingkan dengan batu bara (11). Beberapa radionuklida TENORM yang dihasilkan PLTU berbahan bakar batu bara adalah U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210, Th-232, Ra-228, dan Th-228 sebagai radionuklida TENORM (4). Radionuklida ini merupakan radionuklida alamiah dan turunannya. Radionuklida dominan pada abu terbang dan abu dasar adalah Ra-226, Th-232, dan K-40 (2). Adapun konsentrasi radionuklida dalam abu terbang di Indonesia adalah Ra-226 dan Th-232 masing-masing sekitar 76 Bq/kg dan K-40 sekitar 400 Bq/kg (6).

Penggunaan sistem filtrasi pada pembangkit listrik jika berfungsi dengan baik hanya dapat mengurangi emisi abu terbang ke udara sekitar 95%. Sekitar 2-5% abu terbang yang dihasilkan terlepas ke udara (5). Lepas abu terbang ini pada jarak tertentu akan jatuh ke permukaan bumi dan berisiko mengkontaminasi air, tanaman, dan tanah (11). Pada jarak tertentu inilah peningkatan laju dosis radiasi lingkungan mungkin terjadi. Masyarakat yang tinggal kira-kira radius 0,8-1,6 km dari bangunan cerobong PLTU dapat teringesti sejumlah kecil radionuklida (13). Kenaikan konsentrasi radionuklida juga berkontribusi terhadap kenaikan laju paparan radiasi di masyarakat, sehingga daerah yang terkontaminasi TENORM akan memiliki laju paparan radiasi lebih tinggi di banding daerah lain. Lebih lanjut, penelitian di Portugal menyebutkan bahwa tingkat radiasi tertinggi adalah pada radius 6-20 km dari bangunan cerobong industri penghasil TENORM (5).

Pembangkit listrik dengan bahan bakar batu bara cukup diandalkan di Indonesia. Biaya pembangkitan yang relatif lebih murah dan jumlah batu bara yang siap dieksploitasi secara besar menjadi keunggulannya. Bahkan kebijakan menyangkut batu bara sebagai andalan energi di Indonesia tertulis dalam Peraturan Pemerintah RI no.79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Kebijakan ini menyebutkan bahwa

Pemerintah akan terus menggunakan batu bara sebagai andalan pasokan energi nasional sampai tahun 2050. Hal ini menjadi alasan adanya peningkatan kapasitas PLTU batu bara lebih dari sepuluh kali lipat selama tujuh periode dari tahun 1994 (3). Peranan PLTU batu bara juga diprediksi berperan dalam memenuhi kebutuhan listrik pada tahun 2020 mencapai 24% dari total kapasitas pembangkit nasional (8).

Penggunaan batu bara sebagai bahan bakar PLTU dengan periode waktu yang lama memungkinkan adanya akumulasi lepasan radionuklida di lingkungan. Hal ini berisiko pada peningkatan laju dosis radiasi di lingkungan. Paparan radiasi alam yang meningkat seiring dengan akumulasi TENORM akan berdampak pada kesehatan masyarakat di sekitarnya. Manusia memiliki kemampuan untuk mentoleransi paparan radiasi dari alam, tapi aktivitas beberapa industri yang menggunakan sumber radiasi alam dapat meningkatkan paparan radiasi alam (1). Hal ini mungkin dapat menimbulkan risiko kesehatan dan lingkungan jika tidak dikontrol.

Laju dosis radiasi lingkungan di sekitar PLTU berbahan bakar batu bara tentunya harus mempertimbangkan batasan nominal dosis rendah. Batasan laju dosis radiasi yang digunakan sebagai pembanding adalah berdasarkan *United Nation Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation (UNSCEAR)* menyatakan bahwa rata-rata paparan radiasi pengion dari sumber terrestrial yang diterima masyarakat dunia adalah sebesar 0,48 mSv/tahun (54,79 nSv/jam) (12). Lebih lanjut, Kontribusi terbesar dari paparan radiasi ini adalah radon sebesar 50% dari total dosis rata-rata yang diterima masyarakat (7). Adapun tingkat radiasi gamma rata-rata di Pulau Jawa sebesar 0,46 mSv/tahun (10). Penelitian berkaitan tentang laju dosis radiasi di sekitar PLTU pernah dilakukan di negara Portugis yang menyatakan bahwa rata-rata laju dosis radiasi di sekitar PLTU mencapai 4 kali lebih tinggi dibandingkan rata-rata laju dosis yang diterima masyarakat dunia (5).

Berdasarkan apa yang sudah disampaikan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui laju dosis radiasi lingkungan di sekitar PLTU Labuan dan menganalisis pengaruh radius pada laju dosis radiasi. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai tingkat paparan radiasi lingkungan di sekitar PLTU Labuan dan mengetahui adanya pengaruh radius pada laju dosis radiasi untuk menentukan radius dengan tingkat paparan radiasi paling tinggi. Berdasarkan dari tujuan ini dapat ditentukan

hipotesis penelitian bahwa terdapat pengaruh radius dari PLTU pada laju dosis radiasi di masyarakat.

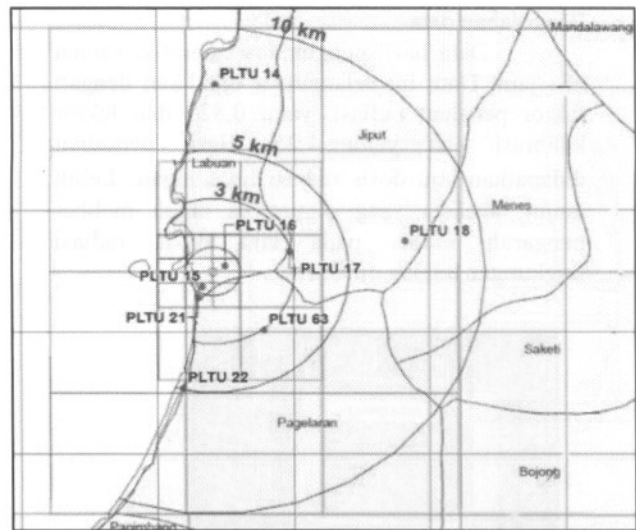
METODOLOGI

Sampling

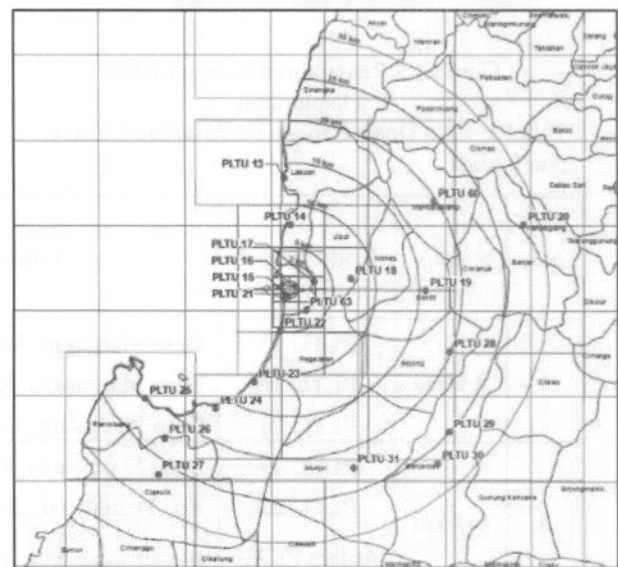
Pengukuran laju dosis radiasi dilakukan sepanjang perjalanan di dalam *grid* yang ditentukan. Pada pengukuran laju dosis radiasi dilakukan pengukuran *shielding factor* (faktor penahan radiasi). Faktor penahan radiasi didapatkan dari hasil pembagian antara pengukuran laju dosis radiasi yang diukur di dalam mobil pada saat mobil berhenti dengan laju dosis radiasi yang diukur di luar mobil. Faktor penahan radiasi inilah yang digunakan sebagai pembagi laju dosis yang terukur sepanjang perjalanan, sehingga didapatkan laju dosis sesungguhnya di lingkungan.

Lokasi *grid* yang diukur sudah ditentukan sebelumnya menggunakan *mapinfo*. Grid yang ditentukan mewakili radius dari PLTU. Besarnya adalah 1x1 km, 3x3 km, 5x5 km, 10x10 km, 15x15 km. Besaran *grid* ini mempertimbangkan kemungkinan luasan kontaminasi yang terjadi karena lepasan abu terbang. Semakin jauh jarak dari PLTU, maka semakin kecil kemungkinan kontaminasi, sehingga ditentukan luasan *grid* yang semakin besar. Data laju dosis yang terukur di setiap *grid* ditentukan sebanyak 100 data. Penyeragaman jumlah data dalam setiap *grid* dilakukan untuk memudahkan dalam melakukan uji statistik. Gambar lokasi pengukuran laju dosis radiasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Alat yang digunakan adalah survei meter gamma dengan jenis eksploranium GR-135 plus. Cara kerja alat ini adalah dengan mengaktifkan alat selama perjalanan di dalam *grid* dan menonaktifkan saat sudah keluar dari *grid*. Angka yang tertera pada alat adalah laju dosis yang terukur setiap detik. Data ini terekam seluruhnya di alat dan dapat dipindahkan sewaktu-waktu ke dalam komputer. Pengukuran laju dosis radiasi menggunakan eksploranium GR-135 plus ditunjukkan pada Gambar 2.



a



b

Gambar 1. Grid lokasi pengukuran laju dosis radiasi: a. sampai radius 1 - 10 km dari PLTU, b. sampai radius 30 km dari PLTU.

Pengolahan data

Data hasil pengukuran memiliki satuan nSv/jam. Data ini selanjutnya dikalikan dengan faktor penahan radiasi, yaitu 0,825 dan faktor kalibrasi alat yaitu 1,25. Hasil perkalian didapatkan laju dosis radiasi lingkungan. Lebih lanjut, analisis yang digunakan untuk melihat pengaruh radius pada laju dosis radiasi lingkungan adalah uji anova.



Gambar 2 Pengukuran menggunakan Eksplorani

Tabel 1. Laju Dosis Radiasi berdasarkan Lokasi dan Radius

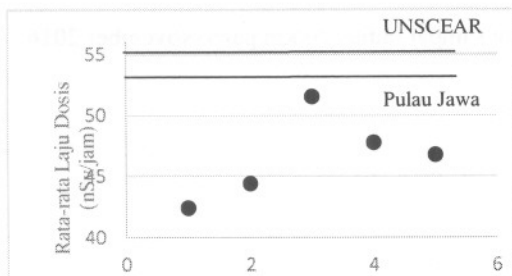
No.	Radius	Kode sampel	Lokasi	Rata-rata Laju Dosis tiap lokasi (nSv/jam)	Rerata Laju Dosis tiap radius (nSv/jam)
1	0-1 km	PLTU 15	Desa Margagiri, Kec. Labuan	42,88 ± 14,27	42,40 ± 14,4 2
		PLTU 16	Desa Margasana, Kec. Pagelaran	41,49 ± 14,96	
		PLTU 21	Desa Palurahan, Kec. Kaduhejo	42,81 ± 13,88	
2	1-4 km	PLTU 17	Desa Margasana, Kec. Pagelaran	44,20 ± 13,37	44,39 ± 14,7 4
		PLTU 22	Kp. Tegalpapak, Kec. Labuan	40,68 ± 14,16	
		Antara PLTU 14&16	Raya Carita, Kec. Carita	48,31 ± 15,53	
3	4-9 km	PLTU 14	Desa Banjarmasin, Kec. Carita	51,88 ± 17,00	51,53 ± 16,6 4
		PLTU 63	Desa Pagelaran, Kec. Pagelaran	49,30 ± 15,40	
		PLTU 18	Desa Cipucung, Kec. Cikedal	54,12 ± 17,04	
4	9-19 km	PLTU 13	Desa Sukarame, Kec. Carita	48,25 ± 13,91	47,75 ± 16,6 6
		PLTU 19	Desa Sodong, Kec. Saketi	53,90 ± 18,40	
		PLTU 23	Kel. Panimbangan, Kec. Panimbangan	41,76 ± 14,08	
		PLTU 28	Kec. Saketi	47,97 ± 14,89	
		PLTU 29	Desa Cidahu, Kec. Banjarsari	52,98 ± 16,88	
		PLTU 60	Desa Pari, Kec. Mandalawangi	47,41 ± 15,67	
5	19-30 km	PLTU 20	Desa Palurahan, Kec. Kaduhejo	52,09 ± 17,15	46,75 ± 18,76
		Antara PLTU 60&20	Desa Cikuang, Kec. Pabuaran	58,96 ± 21,39	
		Antara PLTU 19&20	Raya Labuan, Kec. Labuan	42,83 ± 14,90	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran laju dosis radiasi lingkungan sekitar PLTU Labuan telah dilakukan. Pengukuran ini untuk melihat apakah lepasan abu terbang yang mengandung radionuklida berpengaruh pada laju dosis radiasi lingkungan. Abu terbang yang mengandung radionuklida dapat terlepas ke udara melalui cerobong PLTU. Abu terbang ini akan terbawa angin dan mencapai jarak tertentu kemudian jatuh ke permukaan tanah. Semakin banyak abu terbang yang terjatuh pada jarak tertentu, mungkin semakin tinggi peningkatan radionuklida di tanah pada lokasi tersebut. Hal ini mungkin akan membuat laju dosis radiasi pada lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Data laju dosis ditampilkan pada Tabel 1.

Pengukuran laju dosis radiasi dilakukan pada saat kondisi cuaca tidak hujan. Perlakuan ini dilakukan pada semua pengukuran laju dosis radiasi. Hal ini bertujuan untuk menghindari kemungkinan paparan radiasi dari abu terbang yang kemungkinan terjatuh terbawa hujan, sehingga diharapkan bahwa laju dosis radiasi yang terukur adalah laju dosis radiasi yang berasal dari tanah.

Tabel 1 menunjukkan rata-rata laju dosis radiasi setiap lokasi. Laju dosis tertinggi di Desa Cikuang, Kecamatan Pabuaran sebesar $58,96 \pm 21,39$ nSv/jam. Pengukuran laju dosis pada *grid* ini bukan lokasi pengambilan sampel tanah, sehingga tidak dapat dipastikan bahwa tingginya laju dosis yang terukur pada wilayah ini karena tingginya radionuklida dalam tanah. Laju dosis kedua tertinggi yaitu di daerah Desa Cipucung, Kecamatan Cikedal dengan laju dosis sebesar $54,12 \pm 17,04$ Bq/kg. Rata-rata laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan sampai pada radius 30 km adalah $47,71 \pm 4,17$ nSv/jam. Nilai rata-rata ini lebih rendah jika dibandingkan data dari UNSCEAR. Rata-rata ini juga masih di bawah rata-rata radiasi gamma di Pulau Jawa yang sebesar $0,46$ mSv/tahun ($52,51$ nSv/jam). Hasil ini juga tidak dapat disandingkan dengan penelitian di negara Portugis yang menyatakan bahwa laju dosis radiasi di sekitar PLTU dapat 4 kali lebih tinggi dibandingkan rata-rata laju dosis yang diterima masyarakat dunia (5). Berdasarkan hasil ini, laju dosis radiasi di daerah sekitar PLTU Labuan masih aman dan kontribusi laju dosis dari lepasan abu terbang yang mengandung radionuklida tidak signifikan. Perbedaan hasil penelitian ini mungkin disebabkan karena di sekitar PLTU Labuan belum terkontaminasi oleh abu terbang yang mengandung radionuklida dari PLTU. Grafik rata-rata laju dosis pada setiap radius ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan:

- 1: radius 0-1 km
- 2: radius 1-4 km
- 3: radius 4-9 km
- 4: radius 9-19 km
- 5: radius 19-30 km

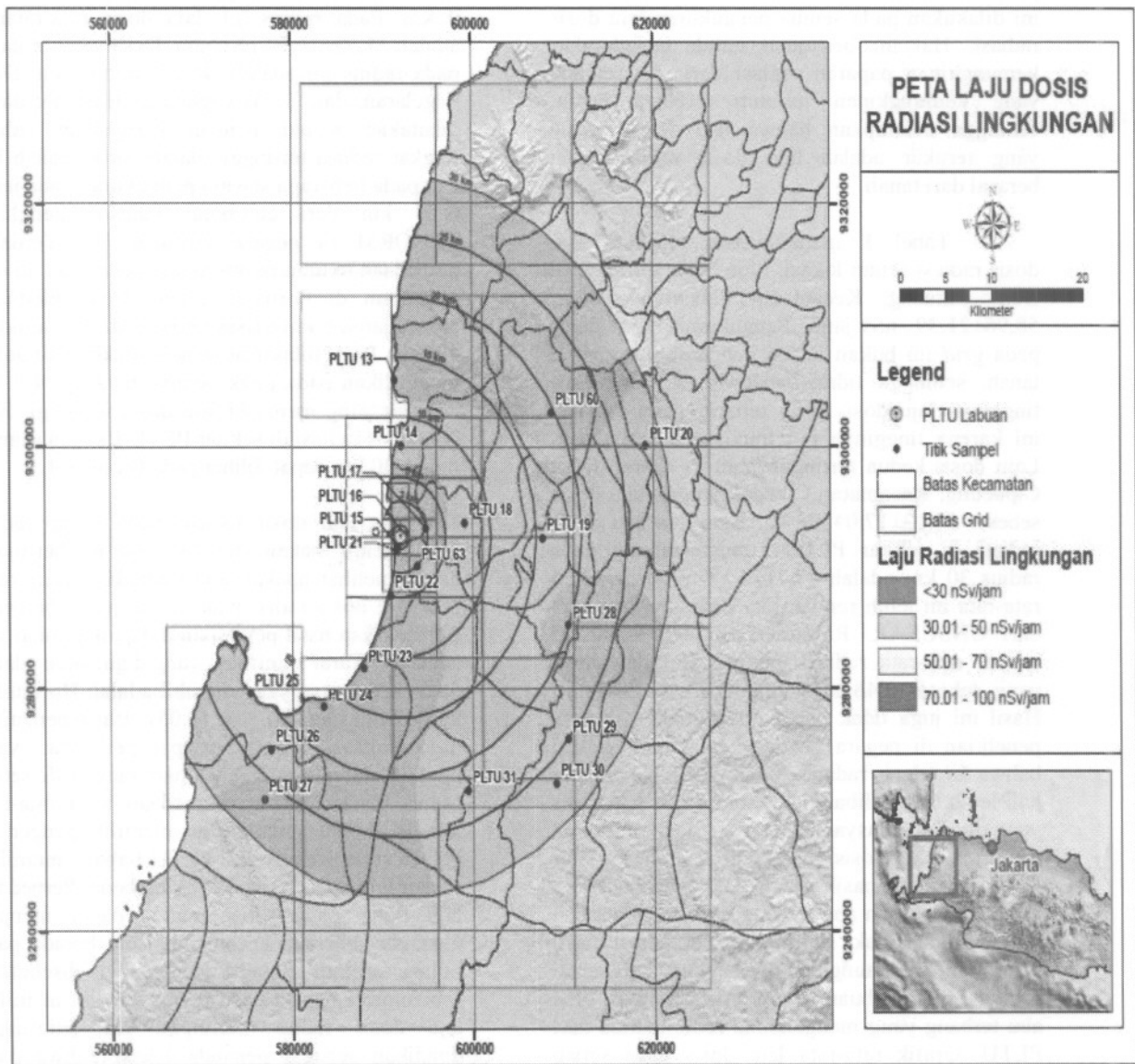
Gambar 3 Grafik rata-rata laju dosis radiasi berdasarkan radius.

Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata laju dosis radiasi tertinggi terdapat pada radius 4-9 km. Pada radius ini, laju dosis rata-ratanya adalah $51,53 \pm 16,64$ nSv/jam. Desa yang terdapat pada radius ini adalah Desa Banjarmasin, Desa Pagelaran, dan Desa Cipucung. Hasil ini dapat dikatakan sesuai dengan pernyataan bahwa tingkat radiasi tertinggi adalah pada jarak 6 km dan pada beberapa stasiun pengukuran pada jarak 6-20 km dari cerobong industri penghasil TENORM di negara Portugal (5). Terdapat perbedaan ukuran radius antara penelitian ini dan penelitian di Portugal, tetapi dapat dikatakan bahwa jarak 6 km masih terdapat di antara radius 4-9 km. Perlu dilakukan penelitian kembali untuk memastikan pada jarak berapa di radius 4-9 km tersebut yang memiliki laju dosis tertinggi. Peta laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan sampai radius 30 km dapat dilihat pada Gambar 4.

Rata-rata laju dosis radiasi pada setiap radius diuji menggunakan statistik. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah ada perbedaan nilai rata-rata laju dosis radiasi pada radius yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *sig.* adalah 0. Taraf signifikan yang digunakan adalah 0,05. Keputusan yang diambil adalah H_0 ditolak karena nilai $sig.(0) < \alpha (0,05)$. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada rata-rata laju dosis radiasi di setiap radius yang berbeda. Perbedaan nilai rata-rata laju dosis pada setiap radius memiliki pengertian bahwa setiap radius dari PLTU Labuan memiliki varian laju dosis radiasi yang berbeda. Perbedaan laju dosis pada setiap radius dapat menjadi penanda beberapa kecamatan yang berada pada radius tertentu. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa pada radius 4-9 km memiliki laju dosis radiasi tertinggi. Hal ini dapat dijadikan sebagai penanda lokasi bahwa pada radius tersebut memiliki risiko lebih tinggi mengalami peningkatan laju dosis radiasi apabila abu terbang terakumulasi pada wilayah tersebut.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan sampai radius 30 km masih dibawah rata-rata laju dosis radiasi gamma di Pulau Jawa dan rata-rata laju dosis radiasi gamma yang diterima penduduk dunia dari radiasi terrestrial. Hal ini dapat dikatakan bahwa laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan masih aman. Lebih lanjut, radius memiliki pengaruh yang nyata pada perbedaan rata-rata laju dosis radiasi lingkungan di sekitar PLTU Labuan.



Gambar 4 Peta laju dosis radiasi di sekitar PLTU Labuan sampai radius 30 km pada November 2016.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Bidang Radioekologi PTKMR-BATAN, teman-teman di Bidang Keselamatan Kerja dan Lingkungan PAIR-BATAN yang telah membantu baik dalam bentuk fasilitas, dana ataupun peralatan bagi keberhasilan dan kelancaran kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alatas, Z.. Efek kesehatan pajanan radiasi dosis rendah. Prosiding Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan pada Industri NonNuklir, (Maret, 2003).
2. Amin, YM, M.U. Khandaker, A.K.S. Shyen, R.H. Mahat, R.M. Noor, D.A. Bradley.. Radionuclide emission from coal-fired power plant. *J. Applied Radiation and Isotopes*; (80): 109-116, (2013).
3. Boedoyo, M.S., Sugiyono, A.. "Optimasi suplai energi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik jangka panjang di Indonesia". J. dosen,(2000).
4. Bunawas, Syarbaini. Penentuan potensi risiko TENORM pada industri nonnuklir. *Buletin Alara*; 6(3): 143–150, (2005).
5. Dinis, M.D.L., António F., J.S. de Carvalho, J. Góis, A.C.M. Castro.. *Radiological impact associated to technologically enhanced naturally occurring radioactive materials (TENORM) from coal-fired power plants emissions*. Proceeding of WM2013 Conference, Phoenix, Arizona USA, (2013).
6. Israeli coal ash board. *General information radionuclides in Israeli National Coal Ash Board 2012*.
7. Minarni, A. Dadong I., Bunawas. (1996, Agustus). Radon di Kompleks Perumahan BATAN. Makalah dipresentasikan di Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, PSPKR BATAN.
8. Nurdyastuti, I.. Analisis pemanfaatan energi pada pembangkit tenaga listrik di Indonesia. Pengembangan sistem kelistrikan dalam menunjang pembangunan nasional jangka panjang, (2007).
9. Sastrosudarmo, S. Dasar-dasar proteksi radiasi dan pemantauan radiasi lingkungan. BATAN, (2000).
10. Suharyono, Gatot, Buchori, Dadong I.. Laju dosis radiasi gamma lingkungan di Pulau Jawa. Prosiding dalam seminar PPI - PDIPTN 2007, Pusat Akselerator dan Bahan, BATAN, (2007).
11. Sutarman, Marzaini N., Asep W., Emlinarni, R. Buchari.. Penentuan tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan di kawasan pusat listrik tenaga uap batu bara di daerah Paiton. Prosiding dalam Seminar Nasional ke-9 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir, (2003).
12. UNSCEAR.. *Sources and effect of ionizing radiation*. New York: United Nation, (2000).
13. Zakaria, N., R. Ba'an, S. Kathiravale.. *Radiological impact from airborne routine discharges of coal-fired power plant*. Proceeding of RnD Dewan Tun Dr. Ismail Agensi Nuklear Malaysia, (2010).