

PENGUKURAN DERAJAT KEASAMAN (pH) LIMBAH BAHAN NUKLIR MBA RI-F UNTUK PERSIAPAN PENGIRIMAN KE MBA RI-G

Pertiwi Diah Winastri, Denia Karlina Putri, Hendro Wahyono, M. Afton Muhandis
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Limbah cair bahan nuklir IRM (MBA RI-F) telah tersimpan lama dan memenuhi ruang limbah cair (KMP D). Oleh karena itu, limbah cair bahan nuklir perlu segera dikirim ke PTLR (MBA RI-G). Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam rangka persiapan pengiriman limbah cair bahan nuklir adalah melakukan pengukuran dan perhitungan derajat keasaman (pH) limbah bahan nuklir IRM. Nilai pH penting diketahui sebagai salah satu persyaratan keberterimaan limbah yang akan dikirimkan ke PTLR. Pengukuran pH menggunakan metode SNI 06-6989.11-2004 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter. Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa limbah cair bahan nuklir IRM mempunyai derajat keasaman yang tinggi (pH 0,19-1,35), sehingga tidak memenuhi persyaratan keberterimaan limbah PTLR. Diperlukan kegiatan persiapan selanjutnya berupa pengkondisian atau penetralan limbah cair bahan nuklir dengan cara menambahkan 1,600 kg NaOH.

Kata Kunci: limbah bahan nuklir, pH, *waste acceptance criteria*

PENDAHULUAN

Instalasi Radiometalurgi atau IRM merupakan fasilitas di Indonesia yang mempunyai fungsi dalam melakukan uji pasca iradiasi terhadap bahan bakar nuklir reaktor riset maupun reaktor daya. Kegiatan pengembangan teknik uji radiometalurgi di satu pihak mempunyai peranan penting dalam kemajuan dan kemandirian teknologi bahan bakar nuklir Indonesia, tetapi di pihak lain kegiatan ini juga akan menghasilkan limbah. Limbah-limbah yang dihasilkan dari kegiatan di IRM, antara lain limbah radioaktif dan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Setiap limbah yang dihasilkan harus dikelola dengan baik karena mempunyai risiko terhadap para pekerja, daerah kerja, lingkungan, dan juga masyarakat^[1].

Salah satu limbah radioaktif yang ada di IRM adalah limbah bahan nuklir cair. Limbah bahan nuklir cair di IRM berasal dari hasil analisis bahan nuklir. Pengelolaan limbah bahan nuklir cair mempunyai perlakuan khusus dibanding dengan limbah radioaktif cair lainnya karena masuk dalam sistem pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir atau sistem *safeguards*. Bahan nuklir pada sistem *safeguards* harus dilaporkan untuk memastikan pemanfaatan bahan nuklir tidak untuk tujuan pembuatan senjata nuklir^[2].

Saat ini kapasitas penyimpanan limbah bahan nuklir cair semakin terbatas, karena selama ini limbah bahan nuklir cair tidak pernah dilimahkan ke Pusat

Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Instalasi Radiometalurgi tidak melimbah bahan nuklir cair karena sebelumnya PTLR hanya dapat menerima bahan bakar nuklir bekas (*spent fuel*). Padahal saat ini IRM sedang memerlukan tempat penampungan limbah bahan nuklir cair yang memadai untuk mempersiapkan tempat untuk limbah hasil litbang pasca iradiasi elemen bakar uji. Oleh karena itu, limbah bahan nuklir cair perlu segera dilimbahkan ke PTLR.

Setiap limbah yang akan dikirim ke PTLR harus memenuhi persyaratan keberterimaan limbah atau *Waste Acceptance Criteria* (WAC). Kriteria limbah bahan nuklir yang diterima PTLR berdasarkan WAC P-009/BN 04 03/PTLR. Salah satu kriteria yang harus dipenuhi, yaitu bahan nuklir uranium natural dan/atau uranium deplesi baik cair ataupun padat harus mempunyai pH 5,5 – 7,5. Limbah bahan nuklir yang akan dikirim ke PTLR harus sesuai dengan WAC sehingga perlu melakukan pengukuran pH limbah bahan nuklir cair di IRM.

Pengiriman limbah bahan nuklir cair merupakan kegiatan pertama kali yang dilakukan oleh IRM, oleh karena itu diperlukan persiapan dan pengkondisian limbah agar terpenuhinya WAC. Pengukuran derajat keasaman (pH) limbah bahan nuklir penting dilakukan untuk mengetahui apakah limbah cair bahan nuklir di IRM sudah memenuhi WAC PTLR. Limbah yang tidak sesuai dengan WAC perlu pengkondisian agar tingkat keasaman sesuai dengan syarat yang ditetapkan. Data hasil pengukuran digunakan untuk perhitungan banyaknya bahan kimia basa yang harus ditambahkan hingga limbah cair bahan nuklir mempunyai pH 5,5 – 7,5. Pengukuran pH dilakukan pada limbah cair bahan nuklir yang berada di KMP menggunakan metode SNI 06-6989.11-2004 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter.

TEORI

Limbah radioaktif hasil kegiatan litbang di IRM berupa limbah radioaktif cair, padat, dan gas. Limbah radioaktif sendiri merupakan suatu bahan yang sudah tidak digunakan yang mengandung atau terkontaminasi oleh radionuklida dengan batas melebihi tingkat *clearens* yang telah ditentukan oleh negara masing-masing^[3]. Bahan nuklir sisa analisis yang dianggap tidak digunakan lagi akan dijadikan limbah bahan nuklir. Setiap bahan nuklir wajib dilaporkan dalam pembukuan akuntansi bahan nuklir atau sistem *safeguards* meskipun telah menjadi limbah. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa penggunaan bahan nuklir hanya untuk kesejahteraan dan kedamaian masyarakat^[4].

Setiap fasilitas nuklir mempunyai daerah perhitungan neraca bahan nuklir yang di dalamnya terdapat penentuan jumlah inventori fisik dan jumlah keluar-masuknya bahan nuklir atau disebut Material Balance Area (MBA)^[6]. Penamaan MBA telah ditentukan dengan kode tertentu. Fasilitas IRM mempunyai kode MBA RI-F, sedangkan PTLR mempunyai kode MBA RI-G. Kode MBA ini digunakan dalam administrasi atau akuntansi bahan nuklir (sistem *safeguards*).

Limbah bahan nuklir yang telah terkumpul dan memenuhi tempat penyimpanan limbah bahan nuklir akan dikirimkan ke MBA RI-G. Setiap limbah yang akan dikirimkan ke PTLR (termasuk limbah bahan nuklir yang akan dikirim ke MBA RI-G) harus memenuhi persyaratan limbah atau *waste acceptance criteria* (WAC). Salah satu persyaratannya adalah setiap limbah bahan nuklir harus disertakan dengan dokumen *safeguards*. Persyaratan penerimaan limbah bahan nuklir lainnya, yaitu:

Tabel 1. WAC limbah bahan nuklir^[6]

Jenis Bahan Nuklir	Karakteristik fisika	Karakteristik kimia	Bungkusan/ Wadah
Uranium alam dan deplesi	Padat atau cair	<ul style="list-style-type: none"> pH 5,5-7,5 komposisi bahan radionuklida 	<ul style="list-style-type: none"> Limbah Cair : jerigen kimia 20-30 liter yang dimasukkan ke dalam drum HDPE 90-120 liter. Kapasitas 75% dari volume total. Limbah padat : drum HDPE 90-120 liter. Kapasitas 75% dari volume total. Permukaan wadah bebas kontaminasi.
Uranium diperkaya <20% (iradiasi dan non iradiasi)	Padat	<ul style="list-style-type: none"> komposisi bahan radionuklida indeks kritikalitas 	<ul style="list-style-type: none"> Kontainer SS 316 yang dimasukkan ke dalam shell drum 200 liter atau shell beton 350 liter. Permukaan wadah bebas kontaminasi.

Derajat keasaman atau pH merupakan nilai atau kondisi keasaman suatu larutan dengan parameter parameter $pH <$ menunjukkan larutan dengan sifat asam, $pH = 7$ menunjukkan bersifat netral, dan $pH > 7$ maka larutan tersebut bersifat basa^[7]. Nilai pH

yang semakin kecil, maka larutan tersebut mempunyai tingkat keasaman yang tinggi. Tetapi jika nilai pH semakin besar, maka sifat larutan tersebut semakin basa.

METODOLOGI

Pengukuran pH dilakukan menggunakan metode SNI 06-6989.11-2004 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter. Sebelum melakukan pengukuran pH limbah cair, pH meter dikalibrasi dengan larutan peyangga sesuai dengan instruksi pH meter 300/310.

Data limbah bahan nuklir yang akan dianalisis didapat dari daftar rekaman bahan nuklir atau *Physical Inventory Item List* (PIIL) KMP D. Pengukuran pH dilakukan untuk setiap nomor tag. Tahapan awal pengukuran pH yaitu mengeringkan pH meter dengan kertas tisu dan dilanjutkan membilas elektroda dengan aquades sebelum dibilas dengan limbah cari bahan nuklir yang akan dianalisis. Limbah bahan cair bahan nuklir dimasukkan ke dalam gelas beker 250 ml. Elektroda dicelupkan ke dalam gelas beker yang berisi limbah cari bahan nuklir sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Catat hasil pembacaan angka pada tampilan pH meter. Pengukuran pH dilakukan secara duplo untuk ketelitian.

Nilai pH hasil pengukuran digunakan sebagai acuan pengkondisian limbah cair bahan nuklir. Pengkondisian limbah cair berupa penetralan pH dengan menambahkan bahan kimia basa atau asam sesuai dengan pH limbah tersebut. Banyaknya bahan kimia yang harus ditambahkan dapat dihitung dengan:

$$\text{berat} = \text{molaritas} \times Mr \times \text{Volume} \quad (1)$$

$$\text{molaritas} = 10^{-pH} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair bahan nuklir IRM dikumpulkan dan telah disimpan dalam ruang limbah radioaktif cair dari pertama limbah dihasilkan hingga saat ini. Ruang limbah radioaktif merupakan ruangan yang termasuk dalam KMP D, yaitu KMP yang mempunyai fungsi sebagai tempat limbah bahan nuklir bekas penelitian/analisis di IRM. Bahan nuklir di KMP D terdiri dari 6 tag bahan nuklir dengan jumlah item 14 botol limbah cair bahan nuklir yang mempunyai volume bervariasi. Pengukuran pH dilakukan hanya terhadap 1 item botol untuk setiap nomor tag bahan nuklir.

Jenis bahan nuklir diketahui dari nomor tag yang dapat dilihat pada Tabel 2. Nomor tag yang diawali dengan kode ND merupakan bahan nuklir *natural uranium*. Sedangkan nomor tag yang diawali dengan DD, merupakan bahan nuklir jenis

depleted uranium. Dapat disimpulkan bahwa limbah cair bahan nuklir IRM hanya terdiri dari *natural uranium* dan *depleted uranium*. Pada Tabel 1 disebutkan bahwa syarat pH untuk limbah cair *natural/depleted uranium* adalah 5,5-7,5.

Tabel 2. Hasil pengukuran

No.	Tag. Bahan Nuklir	pH		
		Pengukuran ke-1	Pengukuran ke-2	Rata-rata
1	ND001	0,77	0,99	0,88
2	ND002	1,20	1,50	1,35
3	ND003	0,92	0,98	0,95
4	ND004	0,20	0,18	0,19
5	DD001	0,32	0,44	0,38
6	DD002	0,76	0,79	0,78

Hasil pengukuran pH limbah cair bahan nuklir MBA RI-F untuk persiapan pengiriman ke MBA RI-G dapat dilihat pada Tabel 2. Pengukuran pH dilakukan 2 kali (duplo) untuk setiap nomor tag. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan ketepatan pengukuran. Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa limbah cair bahan nuklir IRM mempunyai tingkat keasaman yang tinggi. Tingkat keasaman tertinggi pada limbah dengan nomor tag ND004 dengan pH = 0,19, sedangkan tingkat keasaman terendah pada limbah dengan nomor tag ND002 dengan pH = 1,35.

Limbah cair dengan tingkat keasaman yang tinggi dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan menyebabkan korosif pada logam^[8]. Korosi pada sistem pembuangan dan penampungan limbah cair bahan nuklir akan menimbulkan kerusakan atau kebocoran sehingga dapat mengkontaminasi dan membahayakan keselamatan daerah kerja. Saat ini limbah cair bahan nuklir IRM disimpan menggunakan jeriken plastik untuk menghindari kebocoran akibat timbulnya korosi. Tetapi penggunaan jeriken plastik untuk menyimpan limbah cair bahan nuklir di IRM juga mempunyai potensi timbulnya kebocoran. Oleh karena itu, limbah tersebut perlu segera dikirim ke PTLR. Limbah cair bahan nuklir yang diterima PTLR harus mempunyai pH 5,5-7,5 (Tabel 1).

Limbah dengan tingkat keasaman tinggi dikondisikan dengan salah satu metode pengkondisian limbah asam adalah netralisasi limbah yang tingkat keasamannya sangat rendah^[9]. Natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu bahan kimia yang dapat digunakan untuk menetralkan limbah asam yang mudah diperoleh dengan harga terjangkau^[10]. Banyaknya NaOH yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) dan data volume limbah cair didapat dari data PIIL KMP D untuk setiap nomor tag. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3. Total

NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan limbah cair bahan nuklir IRM sebanyak 1,600 kg.

Tabel 3. Berat NaOH yang diperlukan untuk penetralan limbah cair bahan nuklir IRM

No.	Nomor Tag	Molaritas (mol/liter)	Volume (liter)	Berat NaOH (gram)
1	ND001	0,1318	0,05	0,264
2	ND002	0,0447	30,00	53,640
3	ND003	0,1122	0,90	4,039
4	ND004	0,6457	39,00	1007,292
5	DD001	0,4169	20,00	333,520
6	DD002	0,1679	20,00	134,320

KESIMPULAN

Pengukuran pH limbah cair bahan nuklir IRM penting dilakukan, antara lain untuk mengetahui penanganan limbah cair dan untuk mengetahui apakah limbah cair bahan nuklir IRM sudah memenuhi persyaratan WAC PTLR. Kegiatan pengukuran dan perhitungan kadar derajat keasaman (pH) limbah cair bahan nuklir menyimpulkan bahwa limbah-limbah yang akan dikirim ke PTLR belum memenuhi WAC PTLR karena mempunyai tingkat keasaman yang tinggi, yaitu pH 0,19-1,35. Oleh karena itu, diperlukan pengkondisian limbah dengan cara menetralkan menggunakan NaOH. Jumlah NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan limbah cair bahan nuklir sebanyak 1,600 kg dapat digunakan sebagai acuan kegiatan persiapan dan pengkondisian limbah cair bahan nuklir sebelum dikirim ke PTLR.

DAFTAR PUSTAKA

1. Winastri, Pertiwi Diah, dkk., Pengelolaan Limbah Radioaktif Padat dan Cair PTBBN Tahun 2018, PTBBN, 2019.
2. IAEA, Nuclear Material Accounting Handbook-IAEA Service Series No. 15, Vienna, 2008.
3. Ojovan, M.I. and Lee, W.E., *An introduction to nuclear waste immobilisation*, University of Sheffield, 2005.
4. Winastri, Pertiwi Diah, dkk., Pengelolaan Bahan Nuklir Di MBA RI-F : Penyesuaian *Material Description Code* (MDC) Bahan Nuklir, PTBBN, 2019.
5. BAPETEN, Peraturan Kepala BAPETEN No 4 Tahun 2011 tentang Sistem Seifgard, Indonesia, 2011.
6. PTLR, Kriteria Keberterimaan Limbah Bahan Nuklir P-009/BN 04 03/TLR, Indonesia, 2017.

7. Pamungkas, M.T Oktafeni Atur, Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter BOD5 dan pH Di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang, ISSN: 2356-3346, Vol. 4, No. 2, 2016.
8. Kerubun, Ali Arsad, Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Tulehu, Jurnal MKMI, 2014, 180-185.
9. Ciptaningayu, Tresta Nurina, Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Laboratorium di Kampus ITS, ITS, 2017.
10. Ngatijo, Pranjono, dkk, Analisis Kadar Uranium dan Keasaman untuk Menentukan Kebutuhan Sodium Hidroksida pada Penetralan Limbah Uranium Cair di Laboratorium Kimia Instalasi Elemen Bakar Eksperimental, Majalah Ilmiah PIN, ISSN: 1979-2409, Vol. 10, No. 19, 2017.

