

PENGELOLAAN BAHAN NUKLIR DI MBA RI-F : PENYESUAIAN *MATERIAL DESCRIPTION CODE (MDC)* BAHAN NUKLIR

Pertiwi D. W., Hendro W., Erlina Noerpitasari, Iis Haryati
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Pada tahun 2018 telah dilakukan pengelolaan bahan nuklir di MBA RI-F yang fokus pada penyesuaian *Material Description Code (MDC)* bahan nuklir. Kegiatan ini dilatarbelakangi penemuan MDC bahan nuklir yang tidak sesuai dengan kondisi fisik pada saat PIT bahkan saat inspeksi bahan nuklir oleh BAPETEN (Pra-PIV). Penulis merasa diperlukan pemeriksaan ulang secara menyeluruh terhadap MDC bahan nuklir dan memastikan bahwa MDC pada label dan catatan pembukuan sesuai dengan kondisi fisik bahan nuklir, sehingga diharapkan tidak ada temuan mayor pada saat inspeksi dan menghindari terjadinya *lost time accident* akibat kesalahan data dan fisik bahan nuklir. Metode dilakukan dengan melakukan pengecekan, pengamatan, dan *interview* untuk menentukan bentuk fisik, komposisi bahan kimia, wadah, dan status iradiasi bahan nuklir. Terdapat 65 perubahan tag dari 245 entri bahan nuklir di MBA RI-F yang menunjukkan bahwa terdapat sekitar 27% ketidaksesuaian MDC dari hasil kegiatan ini.

Kata kunci: *material description code*, MDC, *code 10*, *safeguards*

PENDAHULUAN

Pembukaan Undang-Undang Dasar 1945 menyatakan bahwa Indonesia turut serta dalam melaksanakan ketertiban dunia yang berdasarkan kemerdekaan, perdamaian abadi, dan keadilan sosial. Indonesia memandang perlunya melakukan kerjasama internasional yang bertujuan mencegah penyebaran lebih lanjut senjata-senjata nuklir dan melakukan pemanfaatan tenaga nuklir untuk maksud damai. Pada tanggal 2 Maret 1970, Indonesia bergabung dalam negara-negara tidak bersenjata nuklir atau *Non-Nuclear Weapon State (NNWS)* yang ditandai dengan penandatanganan Perjanjian mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata-senjata Nuklir ("*Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons-NPT*") di London, Moskow dan Washington DC^[1]. Perjanjian NPT merupakan kerangka kerja yang mengawasi pelaksanaan *safeguards* bahan nuklir yang dilaksanakan oleh IAEA^[2].

Kegiatan *safeguards* berupa pembukuan, pencatatan dan pelaporan bahan nuklir ke IAEA melalui BAPETEN sesuai dengan persyaratan dalam perjanjian *safeguards*^[3]. Pembukuan dan pelaporan dalam *safeguards* menggunakan kode-kode khusus (*code 10*) untuk melakukan identifikasi bahan nuklir. Misalkan kode negara, kode *Material Balance*

Area (MBA), kode jenis bahan nuklir, kode deskripsi bahan (*material description code*), dan lainnya.

Instalasi Radiometalurgi (MBA RI-F) aktif menggunakan bahan nuklir untuk kegiatan penelitian yang dalam prosesnya terdapat perubahan kimia, bentuk fisik maupun wadahnya. Perubahan tersebut juga seharusnya merubah kode *material description code* (MDC) yang ada pada label (*tag*) bahan nuklir. Tetapi ditemukan MDC bahan nuklir yang tidak sesuai dengan kondisi fisik pada saat PIT bahkan saat inspeksi bahan nuklir oleh BAPETEN (Pra-PIV). Penulis merasa diperlukan pemeriksaan ulang secara menyeluruh terhadap MDC bahan nuklir dan memastikan bahwa MDC pada label dan catatan pembukuan sesuai dengan kondisi fisik bahan nuklir, sehingga diharapkan tidak ada temuan mayor pada saat inspeksi dan menghindari terjadinya *lost time accident* akibat kesalahan data dan fisik bahan nuklir. Lingkup kegiatan dilakukan pada setiap KMP di MBA RI-F.

TEORI

Definisi *safeguards* atau seifgard adalah setiap tindakan yang ditujukan untuk memastikan bahwa tujuan pemanfaatan bahan nuklir hanya untuk maksud damai^[3]. *Safeguards* wajib diterapkan oleh yang menandatangani perjanjian NPT. Setiap Negara diwajibkan untuk membangun dan memelihara sistem akuntansi bahan nuklir atau biasa disebut dengan *System Of Accounting For And Control Of Nuclear Material* (SSAC) untuk *safeguards* yang patuh pada perjanjian. Sistem tersebut harus didasarkan pada struktur MBA dan adanya ketentuan-ketentuan seperti :

1. Sistem pengukuran untuk penentuan jumlah bahan nuklir yang diterima, diproduksi, dikirim keluar, hilang atau jumlah bahan nuklir yang tidak mengalami perubahan dalam inventori.
2. Evaluasi presisi, akurasi dan juga estimasi ketidakpastian pengukuran.
3. Prosedur untuk mengidentifikasi, meninjau, dan melakukan evaluasi perbedaan pengukuran saat pengiriman ataupun penerimaan bahan nuklir.
4. Prosedur untuk melakukan *physical inventorytaking* (PIT).
5. Prosedur untuk mengevaluasi akumulasi dari inventori dan kehilangan bahan nuklir yang tidak terukur.
6. Sistem pencatatan dan pelaporan untuk setiap MBA, inventori bahan nuklir dan perubahannya termasuk penerimaan dan perpindahan ke luar dari MBA.

7. Ketentuan untuk memastikan bahwa prosedur akuntansi bahan nuklir dan perjanjian *safeguards* berjalan dengan benar.
8. Prosedur untuk ketentuan laporan kepada IAEA^[4].

Laporan yang akan dikirim ke IAEA melalui lembaga pengawas (dalam hal ini BAPETEN) mempunyai ketentuan, format, isi dan struktur laporan yang tertera dalam "Code 10". Salah ketentuan pengisian laporan adalah *Material Description Code* (MDC). Elemen data yang menjelaskan 4 parameter terdiri dari bentuk fisik (karakter pertama), komposisi kimia (karakter kedua), pengungkung atau wadah atau *containment* (karakter ketiga), dan status dan kualitas iradiasi bahan nuklir (karakter keempat)^[4]. Tabel 1 menjelaskan kode karakter yang digunakan untuk MDC.

Tabel 1. *Material Description Code* (MDC) dari Code 10^[5]

Character	Form	Keyword	Explanation	Code
1	Physical form	<i>Fuel elements</i>	<i>Complete fuel elements for a given reactor system (e.g. assemblies or bundles)</i>	B
		<i>Fuel components</i>	<i>Components of fuel elements (e.g. pins or plates)</i>	D
		<i>Powders</i>	<i>Powders (non-ceramic): any powdered material other than ceramic grade oxides and carbides</i>	F
		<i>Powder, ceramic</i>	<i>Powders, ceramic grade: high-fired oxide or carbide specially prepared for ceramic fuel manufacture</i>	G
		<i>Formed, green</i>	<i>Green pellets and particles: formed by pressing or granulating mixtures of ceramic grade powder with a binder, before sintering</i>	H
		<i>Ceramics</i>	<i>Ceramic pellets and particles: as above, after debonding and sintering</i>	J
		<i>Coated particles</i>	<i>Ceramic particles which have been given a protective coating (e.g. of SiC)</i>	K
		<i>Solids, other</i>	<i>other Solid materials other than those specified above (e.g. ingots, billets, extrusion pieces), but not mixed materials.2 UF6 should also be included in this category</i>	Ø
		<i>Liquids</i>	<i>Aqueous solutions, organic or other liquids</i>	N
		<i>Residues, scrap</i>	<i>Residues and scrap arising from production process, intended to be recycled or recovered</i>	R
		<i>Sealed sources</i>	<i>Sources of radiation consisting of permanently encapsulated fissile</i>	QS ³

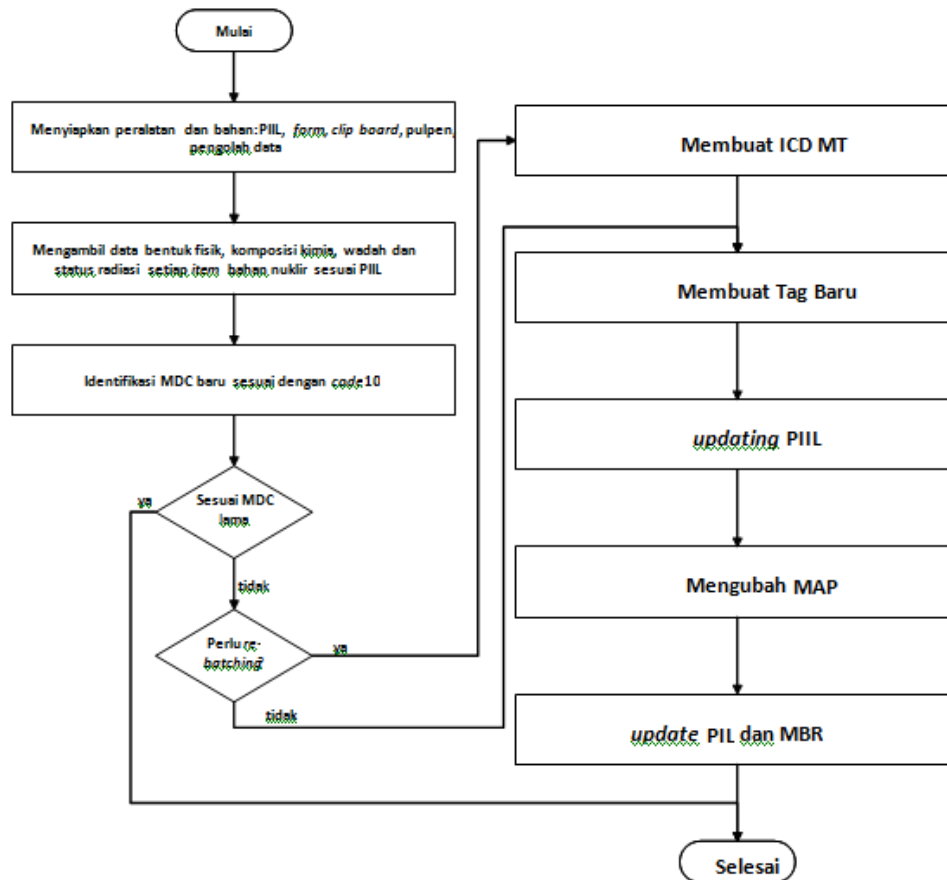
Character	Form	Keyword	Explanation	Code
			<i>materials</i>	
		<i>Waste, solid</i>	<i>Solid wastes intended for disposal</i>	T
		<i>Waste, liquid</i>	<i>Liquid wastes intended for disposal</i>	U
		<i>Small samples, Specimens</i>	<i>Analytical samples or specimens, collected together into a specimens single batch⁴</i>	V
2	Chemical form	<i>Elemental</i>	<i>Unalloyed metal</i>	D
		<i>Fluoride</i>	<i>Any fluoride except hexafluorides</i>	E
		<i>Hex</i>	<i>Hexafluoride</i>	G
		<i>Nitrate</i>	<i>Nitrate</i>	J
		<i>Dioxide</i>	<i>Dioxide</i>	Q
		<i>Trioxide</i>	<i>Trioxide</i>	T
		<i>Oxide (3/8)</i>	<i>Oxide with formula M₃O₈</i>	U
		<i>Other oxides</i>	<i>Other oxides, including mixtures of different oxides R of the same element</i>	R
		<i>Oxides, poisoned</i>	<i>Oxides or oxide combinations containing nuclear poison</i>	V
		<i>Carbide</i>	<i>Carbide</i>	W
		<i>Oxide/graphite</i>	<i>Oxide/graphite mixtures: (e.g. HTR fuels)</i>	X
		<i>Carbide/graphite</i>	<i>Carbide/graphite mixtures: (e.g. HTR fuels)</i>	Y
		<i>Nitride</i>	<i>Nitride</i>	Z
		<i>Organic</i>	<i>Organic compounds</i>	1
		<i>Other compounds</i>	<i>Other compounds, salts and their mixtures</i>	2
		<i>Al alloys</i>	<i>Aluminium and Al/Si alloys</i>	3
		<i>Si alloys Silicium alloys</i>	<i>(except Al/Si alloys) and silicides</i>	4
		<i>Zr alloys</i>	<i>Zirconium alloys</i>	5
		<i>Mo & Ti alloys</i>	<i>Binary and ternary alloys with molybdenum and titanium</i>	6
<i>Other alloys</i>	<i>Other alloys than those above</i>	7		
	<i>Miscellaneous</i>	<i>Materials of various chemical forms collected together into a single batch (e.g. analytical samples and specimens)</i>	∅	
3	Containment	<i>Uncontained</i>	<i>Material not in container: free-standing items including fuel elements and components, if uncrated⁵</i>	1
		<i>Fuel units</i>	<i>Discrete fuel units and components, in shipping or storage containers</i>	2
		<i>Flask</i>	<i>Shielded flask for irradiated fuel and other highly irradiated material</i>	3
		<i>In-core</i>	<i>Reactor, in-core fuel elements only</i>	4

Character	Form	Keyword	Explanation	Code	
		Vessel, calibrated	Process vessels and tanks, calibrated	5	
		Vessel, uncal	Process vessels and tanks, uncalibrated; pipes	6	
		Tray	Open trays, racks, skips	7	
		Birdcage	Special, critically safe container	8	
		by Volume		(liters)	
		Container and volume range	Sample bottles and other small containers	<0.5	A
			Bottles, fibrepacks, cans	0.5 - 1	E
			Bottles, fibrepacks, cans	> 1 - 5	G
			Bottles, fibrepacks, cans and UF6 cylinders	> 5 - 10	H
			Fibrepacks, cans	>10 - 15	J
			Fibrepacks, drums	>15 - 20	K
			Drums	>20 - 50	L
			Drums	>50 - 100	M
			Drums, barrels	>100 - 200	N
			Drums, barrels	>200 - 500	Q
			UF6 cylinders (2 t)	>500 - 1000	R
			UF6 cylinders (10-14 t)	>1000 - 5000	U
			Larger containers, e.g. tank trucks	>5000	V
			Other containers		∅
4	Irradiation status and quality			non-irradiated	irradiated
		Fresh fuel	Fresh fuel elements or assemblies	F	
		Irradiated	Irradiated fuel prior to reprocessing		G
		Manufactured	Manufactured articles (other than complete fuel elements) for which no sampling is possible, but which are suitable for non-destructive measurement	A	H
		Pure, stable	Homogeneous material which has been produced to a tight specification governing purity and stability of both	B	J

Character	Form	Keyword	Explanation	Code
			<i>physical and chemical form (e.g. product, intermediate product, certain feed materials)</i>	
		<i>Pure</i>	<i>Materials conforming to a high purity specification, which may be slightly heterogeneous or less stable than the ones above (e.g. certain intermediate products, clean scrap and recycle, feed materials)⁹</i>	C K
		<i>Heterogeneous</i>	<i>Heterogeneous materials of generally similar composition which do not conform to purity specifications (e.g. Most scrap and recycle)</i>	D L
		<i>Variable</i>	<i>Heterogeneous materials of variable and/or mixed composition, possibly low in nuclear material content (e.g. dirty scrap, leached hulls, waste)</i>	E M

METODOLOGI

Langkah kegiatan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



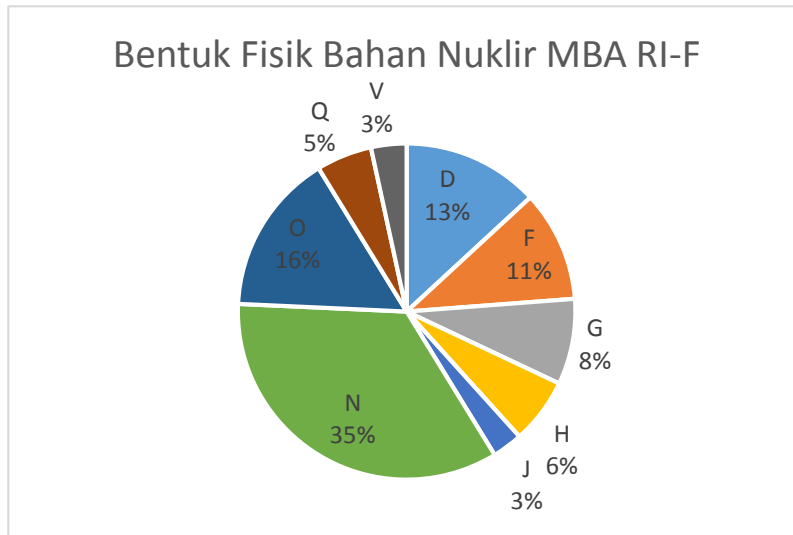
Gambar 1. Bagan metode kegiatan penyesuaian MDC MBA RI-F

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan dimulai dengan menyiapkan formulir isian yang terdiri dari data awal berupa *tag number*, lokasi, keterangan dari setiap *tag number*, dan kolom kosong untuk bentuk fisik, komposisi kimia, volume dan jenis wadah dan status iradiasi. Data awal tersebut berasal dari *Physical Inventory Item List* (PIIL) dan juga *map/peta* bahan nuklir untuk memudahkan dalam melakukan pengambilan data.

Bentuk fisik merupakan karakteristik bahan nuklir yang mudah untuk ditentukan tanpa metode analisis khusus. Bentuk fisik dari setiap *batch* bahan nuklir diamati dan dicatat pada formulir isian. Hasil pengambilan data untuk bentuk fisik bahan nuklir dapat dilihat pada Gambar 2. Pada saat pengambilan data untuk menentukan bentuk fisik, tidak semua *batch* dapat ditentukan apa bentuk fisiknya. Bahan nuklir dengan radiasi tinggi

memiliki akses yang terbatas pada kegiatan ini, seperti bahan nuklir yang berada di *hot cells* dan bahan nuklir dengan radiasi tinggi yang berada di dalam *containment* timbal. Bahan nuklir yang tidak dapat dilihat bentuk fisiknya, maka dilakukan pengambilan asumsi bahwa bentuk fisik tidak mengalami perubahan dan mengikuti MDC sebelumnya.



Gambar 2. Bentuk fisik bahan nuklir MBA RI-F berdasarkan MDC

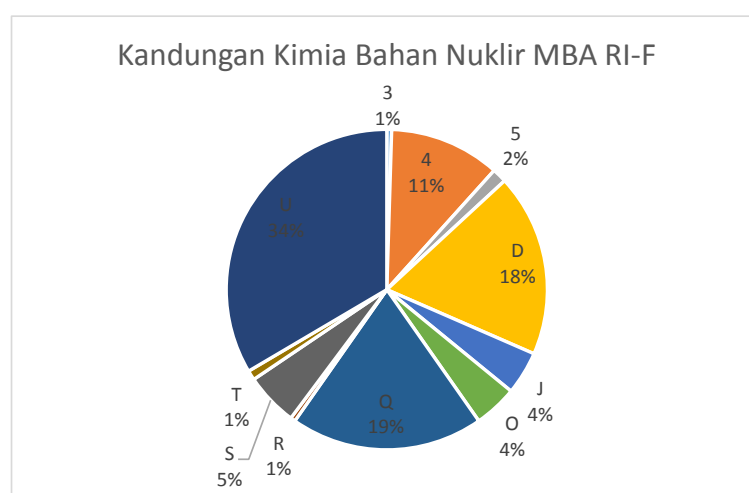
Hasil dari pengambilan data bahan bentuk fisik bahan nuklir menunjukkan bahwa 35% item bahan nuklir di MBA RI-F merupakan larutan dan sebagian besar lainnya berupa potongan pin atau plat dan padatan lainnya seperti ingot. Bentuk fisik bahan nuklir sesuai dengan *business process* IRM, yaitu pengembangan uji metalografi dan analisis kimia dan fisikokimia bahan struktur dan bahan bakar nuklir.

Data yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan MDC pada PIIL lama. Terdapat 19 ketidaksesuaian MDC bentuk fisik bahan nuklir yang dapat dilihat pada Tabel 2. Ketidaksesuaian banyak terjadi karena MDC bahan nuklir tidak diubah pada saat atau setelah melakukan proses sehingga masih menggunakan MDC yang lama. Misalkan pada proses pelarutan serbuk bahan nuklir dengan MDC bentuk fisik awal F (*powders non-ceramic*) seharusnya diubah menjadi bentuk fisik N (*Aqueous solutions, organic or other liquids*).

Tabel 2. Data ketidaksesuaian MDC bentuk fisik bahan nuklir MBA RI-F

No	Tag No.	MDC Bentuk Fisik Awal	MDC Bentuk Fisik Baru	No	Tag No.	MDC Bentuk Fisik Awal	MDC Bentuk Fisik Baru
1	NA006	V	F	11	NC038	F	H
2	NA018	G	H	12	NC039	G	H
3	DA008	O	G	13	NC040	F	H
4	DA009	G	O	14	NC041	F	H
5	RI-SIE2	D	N	15	NC053	F	N
6	T-1.109	D	N	16	NC054	F	N
7	T-2	D	N	17	NC057	F	N
8	T-3.109	D	N	18	DC019	O	N
9	EC006	V	N	19	DC020	D	N
10	NC037	F	H				

Karakter ke 2 dalam MDC adalah bahan kimia yang terkandung pada bahan nuklir. Untuk menentukan komposisi bahan kimia suatu sampel diperlukan analisis kimia. Pada kegiatan ini tidak dilakukan analisis kimia karena bahan nuklir sangat banyak dan terdapat beberapa *item* dengan jumlah sedikit sehingga analisis merusak harus dihindari. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan pengamatan dan pencatatan bahan kimia yang tertera pada wadah, melakukan *interview* pada pengurus KMP dan juga penggunaan data MDC dari PIIL sebelumnya untuk bahan nuklir dalam *hot cells*. Gambar 3 menunjukkan komposisi bahan kimia bahan nuklir di MBA RI-F terbanyak adalah U_3O_8 , dilanjutkan dengan UO_2 dan lainnya.



Gambar 3. Komposisi bahan kimia bahan nuklir MBA RI-F berdasarkan MDC

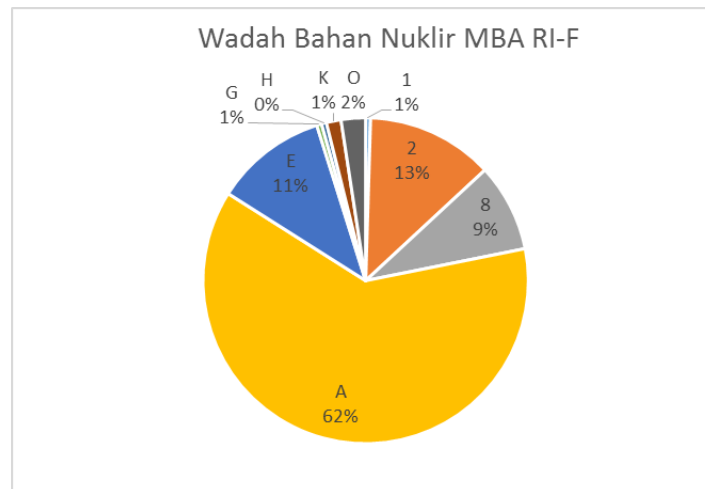
Hasil analisis dibandingkan dengan MDC pada PIIL sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 3. Terdapat 25 ketidaksesuaian MDC komposisi bahan kimia antara MDC lama dengan hasil kegiatan. Ketidaksesuaian dikarenakan adanya perbedaan antara keterangan yang ada pada PIIL dengan keterangan/identitas yang ada pada wadah bahan nuklir. Selain itu juga terdapat MDC yang belum dilakukan pemutakhiran data, seperti bahan nuklir U_3O_8 (U) apabila dijadikan satu dengan sampel hasil analisis lainnya dan sudah tidak digunakan kembali maka dianggap menjadi limbah atau bahan material dengan beberapa komposisi bahan kimia yang digabungkan bersama menjadi *batch* tunggal (O).

Tabel 3. Data ketidaksesuaian MDC komposisi bahan kimia MBA RI-F

No.	Tag No.	MDC Komposisi Bahan Kimia Awal	MDC Komposisi Bahan Kimia Baru	No.	Tag No.	MDC Komposisi Bahan Kimia Awal	MDC Komposisi Bahan Kimia Baru
1	EA003	O	Q	14	NC044	U	Q
2	EA022	D	5	15	NC056	R	O
3	NA006	O	Q	16	DC018	R	D
4	DA009	6	5	17	TC001	R	Q
5	DA010	6	5	18	TC002	R	O
6	TA001	O	Q	19	TC003	O	Q
7	TA002	O	R	20	ND001	U	O
8	TA003	O	J	21	ND002	U	O
9	TA004	O	Q	22	ND003	U	O
10	TA005	O	J	23	ND004	U	O
11	EC006	O	U	24	DD001	4	O
12	NC025	Q	U	25	DD002	J	O
13	NC035	U	O				

Selanjutnya melakukan pengamatan dan pencatatan wadah atau *containment* bahan nuklir. Selain bentuk fisik, wadah juga merupakan karakteristik bahan nuklir yang mudah untuk ditentukan tanpa metode analisis khusus. Pada Gambar 4 dapat dilihat lebih dari 50% bahan nuklir di MBA RI-F mempunyai wadah <50 ml (A=62%). Angka tersebut menunjukkan bahan nuklir yang berada di MBA RI-F merupakan sampel-sampel analisis yang memerlukan hanya sedikit bahan nuklir. Selain itu, terdapat 2% wadah dengan kategori O yaitu *other container*. Dari hasil kegiatan, *other container* yang dimaksud adalah bahan nuklir (berbentuk padatan biasanya pelet) yang mempunyai wadah/*containment* berupa lembaran plastik. Wadah tersebut lebih rentan terjatuh atau robek yang dapat

menyebabkan bahan nuklir di dalamnya tumpah. Diperlukan pewadahan yang lebih melindungi bahan nuklir dibanding lembaran plastik.



Gambar 4. Pewadahan bahan nuklir MBA RI-F berdasarkan MDC

Hasil analisis dibandingkan dengan MDC pada PIIL sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan terdapat 36 ketidaksesuaian antara data hasil kegiatan dengan MDC lama. Ketidaksesuaian pewadahan juga disebabkan karena tidak dilakukan pemutakhiran data ketika sedang atau setelah melakukan proses, baik melakukan proses bahan nuklir dari wadah lebih kecil ke lebih besar atau sebaliknya.

Tabel 4. Data Ketidaksesuaian MDC Pewadahan MBA RI-F

No.	Tag No.	MDC Wadah Lama	MDC Wadah Baru	No.	Tag No.	MDC Wadah Lama	MDC Wadah Baru
1	EA015	A	E	19	EC020	A	E
2	EA016	A	E	20	EC021	A	E
3	EA019	A	E	21	NC002	E	A
4	EA022	E	A	22	NC030	E	A
5	NA003	J	A	23	NC046	A	E
6	NA006	A	E	24	NC047	E	A
7	NA018	E	A	25	NC049	E	A
8	NA020	E	A	26	NC052	N	A
9	NA021	E	O	27	NC053	N	E
10	NA022	E	O	28	NC057	N	A
11	DA002	J	A	29	NC059	E	A
12	DA006	G	A	30	DC004	A	O
13	DA008	A	O	31	DC005	G	A

14	RI-SIE2	2	A	32	DC006	G	A
15	T-1.109	2	A	33	DC009	G	O
16	T-2	2	A	34	DC019	H	A
17	T-3.109	2	A	35	DC020	E	A
18	EC005	A	E	36	TC002	A	H

Karakter MDC yang terakhir adalah status iradiasi bahan nuklir. Menentukan status iradiasi bahan nuklir dilihat dari histori bahan nuklir dan juga *interview* dengan *user* atau pengurus KMP tersebut. Pada kegiatan ini tidak ada perubahan terhadap status iradiasi, hanya dilakukan pengecekan ulang untuk memastikan tidak ada kesalahan dalam penulisan.

MDC hasil kegiatan pengecekan dan pengamatan digunakan untuk melakukan pemutakhiran data PIIL. Pemutakhiran *tag* bahan nuklir juga harus dilakukan karena adanya perubahan pada MDC. Dari kegiatan ini menghasilkan perubahan 65 *tag* bahan nuklir yang terdiri dari ketidaksesuaian bentuk fisik, komposisi kimia, dan wadah bahan nuklir. Perubahan data ini akan berdampak terhadap perubahan laporan PIL (*Physical Inventory Listing*) dan juga MBR (*Material Balance Report*).

Terdapat 65 perubahan *tag* dari 245 entri bahan nuklir di MBA RI-F yang menunjukkan bahwa terdapat sekitar 27% ketidaksesuaian MDC. Untuk mengurangi ketidaksesuaian MDC ini, maka pengurus harus melakukan pemutakhiran data setiap adanya perubahan MDC pada saat atau setelah proses dan melakukan pencatatan proses bahan nuklir pada *logbook*. Selain itu, koordinator juga melakukan pemantauan rutin dengan memperhatikan MDC bahan nuklir terutama bahan nuklir yang sedang atau telah mengalami proses, dan melakukan pengawasan/pengecekan MDC pada saat menerima bahan nuklir dari MBA lain.

MDC yang sesuai dengan kondisi fisik, komposisi kimia, dan status iradiasi memudahkan ketika *handling* bahan nuklir, contohnya dalam pewadahan dan penyimpanan. *Handling* bahan nuklir yang baik dapat menghindari terjadinya *lost time accident* akibat kesalahan data dan fisik bahan nuklir. Selain itu, dengan lebih memperhatikan MDC bahan nuklir pada pengelolaan bahan nuklir, diharapkan tidak ada temuan mayor pada saat inspeksi.

KESIMPULAN

Ditemukan MDC bahan nuklir yang tidak sesuai dengan kondisi fisik pada saat PIT bahkan saat inspeksi bahan nuklir oleh BAPETEN (Pra-PIV). Untuk menindaklanjuti hal tersebut, telah dilakukan pemeriksaan MDC ulang, dengan hasil perbedaan 65 perubahan *tag* dari 245 entri bahan nuklir di MBA RI-F yang menunjukkan bahwa terdapat sekitar 27% ketidaksesuaian MDC. Untuk mengurangi ketidaksesuaian MDC ini, maka diperlukan kerjasama antara pengurus dan koordinator dalam memantau MDC baik ketika melakukan pengelolaan maupun pada saat pemanfaatan bahan nuklir.

DAFTAR PUSTAKA

1. UU Nomor 8 Tahun 1978, Pengesahan Perjanjian Mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata Senjata Nuklir.
2. Pusdiklat BATAN, Diktat NPT Dan Perkembangannya Untuk Pelatihan Penyegaran Pengurus Dan Pengawas Inventori Bahan Nuklir, Pusdiklat-BATAN, 2017.
3. Pusdiklat BATAN, Diktat Implementasi Seifgard Untuk Pelatihan Penyegaran Pengurus Dan Pengawas Inventori Bahan Nuklir, Pusdiklat-BATAN, 2017.
4. IAEA, *Safeguards Glossary 2001 Edition International Nuclear Verification Series No. 3.*, IAEA, 2001.
5. IAEA, *Code 10 Content, Format and Structure of Reports to the Agency*, IAEA, 2001.