

Buku Putih
Utilisasi Reaktor Riset
BATAN



batan

2016

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
KATA PENGANTAR	4
BAB I PENDAHULUAN	5
I.1. Latar Belakang	5
I.2. Maksud Dan Tujuan	7
I.3. Ruang Lingkup.....	7
BAB II SUMBER DAYA REAKTOR RISET.....	8
II.1. Reaktor TRIGA 2000	8
II.1.1 Fasilitas.....	8
II.1.2. Sumber Daya Manusia.....	12
II.1.3. Anggaran	14
II.2. Reaktor Kartini	16
II.2.1. Fasilitas.....	16
II.2.2 Sumber Daya Manusia.....	17
II.2.3 Anggaran	18
II.3. RSG-GAS	19
II.3.1. Fasilitas.....	19
II.3.2. Sumber Daya Manusia.....	23
II.3.3. Anggaran	25
BAB III POTENSI PEMANFAATAN REAKTOR RISET DAN PERMASALAHAN.....	26
III.1. Potensi Pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000	26
III.1.1. Pendidikan dan Pelatihan	27
III.1.2. Penelitian dan Pengembangan.....	29
III.1.3. Produksi Radioisotop.....	31
III.1.4. Layanan PNBP	33
III.2. Potensi Pemanfaatan Reaktor Kartini.....	34
III.2.1. Pendidikan dan Pelatihan	35
III.2.2. Penelitian dan Pengembangan.....	39
III.2.3. Layanan PNBP	40

III.3. Potensi Pemanfaatan RSG-GAS.....	41
III.3.1. Pendidikan dan Pelatihan	44
III.3.2. Pemanfaatan Litbang	45
III.3.3. Layanan PNBP	46
III.4. Potensi Eksternal.....	47
III.5. Pengguna Potensial.....	50
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	56
IV.1. Analisis	56
IV.1.1 Potensi.....	56
IV.1.2. Permasalahan	57
IV.2. Pembahasan.....	60
IV.2. 1. Faktor internal	60
IV.2.2. Faktor Eksternal.....	61
BAB V STRATEGI DAN RENCANA TINDAK.....	63
V.1. Strategi	63
V.2. Rencana Tindak	64
BAB VI PENUTUP	66

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas izin dan rahmat Nya, kami dapat menyelesaikan Buku Putih Utilisasi Reaktor Riset BATAN. Buku Putih disusun dengan maksud memberikan informasi kepada *stakeholder* dan pengguna potensial tentang potensi pemanfaatan reaktor riset dan sebagai bahan rekomendasi bagi pimpinan dalam membuat kebijakan. Sedangkan tujuannya adalah mengoptimalkan pemanfaatan reaktor riset BATAN.

Buku Putih ini menjadi titik tolak perubahan dan perbaikan ke depan dalam upaya mendukung capaian keberhasilan pengoperasian dan pemanfaatan reaktor riset di BATAN yang lebih baik. Seluruh informasi tersebut tersaji dalam deskripsi yang tertuang di dalam Buku Putih Utilisasi Reaktor Riset.

Buku Putih ini belum sempurna. Oleh karena itu perlu masukan dan saran demi untuk perbaikan selanjutnya. Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu menyelesaikan Buku Putih ini.

Jakarta, 27 Oktober 2016

Tim Penyusun

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

BATAN merupakan lembaga pemerintah non kementerian yang melaksanakan tugas di bidang penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir. Dalam melaksanakan tugasnya tersebut, BATAN memiliki fasilitas penunjang seperti instalasi dan laboratorium penelitian tenaga nuklir yang tersebar di lima kawasan yaitu Bandung, Yogyakarta, Serpong, Pasar Jumat, dan Kantor Pusat. Salah satu fasilitas penting yang dioperasikan adalah 3 (tiga) reaktor riset, yaitu Reaktor TRIGA 2000 di Bandung (beroperasi sejak tahun 1965), Reaktor Kartini Yogyakarta (beroperasi sejak tahun 1979), dan Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (beroperasi sejak tahun 1987).

Reaktor TRIGA 2000 adalah reaktor riset pertama yang dimiliki BATAN. Nama TRIGA merupakan kependekan dari *Training, Research, Isotopes, General Atomics*, diambil dari fungsi reaktor tersebut untuk tujuan pendidikan, penelitian dan produksi isotop, dan nama industri pembuat. Reaktor ini dibangun pada tanggal 1 Januari 1964 di Kawasan Nuklir Bandung diresmikan pada tanggal 20 Februari 1965 dengan daya 250 kW dengan nama Reaktor TRIGA Mark II Bandung. Pada tahun 1971 daya reaktor ditingkatkan menjadi 1 MW dan pada tahun 1996 dilakukan peningkatan daya kembali menjadi 2 MW yang diresmikan oleh Wakil Presiden Megawati Soekarno Putri pada tanggal 24 Juni 2000 serta berganti nama menjadi Reaktor TRIGA 2000 Bandung.

Reaktor Kartini dibangun berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal BATAN No. 119/DJ/13/XI/1974 tertanggal 13 Nopember 1974 dengan dibentuknya Tim Pembangunan Reaktor pada Pusat Penelitian Tenaga Atom Gama. Tim Pembangunan Reaktor tersebut merancang reaktor dengan memanfaatkan teras reaktor 250 kW bekas reaktor TRIGA Mark II Bandung dan tangki reaktor bekas reaktor IRT-2000 Serpong. Pembangunan fisik selesai pada akhir tahun 1978 selanjutnya penggunaan reaktor tersebut diresmikan oleh Presiden Soeharto pada tanggal 1 Maret 1979 dengan daya nominal 50 kW. Nama Reaktor Kartini berasal dari singkatan Karya Teknisi Indonesia untuk menunjukkan bahwa reaktor ini dibangun sepenuhnya oleh bangsa Indonesia. Pada tahun 1981 reaktor ini

dioperasikan pada tingkat daya 100 kW. Reaktor Kartini dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, iradiasi, pendidikan dan pelatihan.

Reaktor ketiga adalah Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) yang dibangun di kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTK) Serpong. RSG-GAS merupakan salah satu reaktor riset terbesar di Asia Tenggara yang diresmikan oleh presiden RI pada tanggal 20 Agustus 1987 sedangkan pembangunannya dimulai sejak tahun 1983. Pada bulan Maret 1992 dicapai operasi reaktor pada daya penuh 30 MW. Pembangunan RSG-GAS disertai pembangunan fasilitas penunjang lainnya, seperti fabrikasi dan penelitian bahan bakar, uji keselamatan reaktor, pengelolaan limbah radioaktif, produksi radioisotop dan radiofarmaka dan beberapa laboratorium lainnya. Nama RSG-GAS berasal dari nama Direktur Jenderal BATAN pertama Gerrit Augustinus Siwabessy.

Reaktor riset BATAN merupakan fasilitas utama dalam pelaksanaan tugas dan fungsi (tusi) BATAN. Fungsi reaktor riset BATAN yaitu memproduksi radioisotop dan radiofarmaka, pengujian bahan/material, penelitian dan pemanfaatan aktivasi neutron, serta sarana pendidikan dan pelatihan (diklat). Keberadaan reaktor riset tersebut telah dirasakan manfaatnya bukan hanya oleh para peneliti BATAN, namun juga oleh masyarakat umum.

Dalam bidang kesehatan, reaktor riset BATAN mampu menghasilkan berbagai jenis radioisotop dan radiofarmaka yang sangat menunjang kegiatan radiodiagnostik dan radioterapi berbagai rumah sakit di dalam dan luar negeri. Fasilitas reaktor riset BATAN juga dimanfaatkan untuk menguji struktur logam dalam pembuatan bahan bakar reaktor nuklir. Dalam bidang penelitian, aktivasi neutron dari reaktor riset digunakan untuk melakukan analisis unsur misalnya dalam penelitian kualitas udara di seluruh Indonesia. Pemanfaatan radiasi neutron dari reaktor riset juga secara efektif telah digunakan untuk mengiradiasi batuan topaz dan telah menghasilkan berbagai macam batuan dengan warna menarik sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi. Di bidang pendidikan dan pelatihan, reaktor riset digunakan untuk peningkatan kapasitas SDM dalam pengoperasian dan perawatan reaktor. Selama lebih dari 50 tahun BATAN telah

berhasil mengoperasikan ketiga reaktor riset dengan aman, selamat dan *zero accident*.

Dengan mempertimbangkan kapasitas ketiga reaktor riset, apa yang saat ini sudah dicapai masih dapat ditingkatkan lagi. Oleh karena itu, perlu disusun suatu kajian dalam bentuk Buku Putih Utilisasi Reaktor Riset BATAN.

I.2. Maksud Dan Tujuan

Buku putih ini disusun dengan maksud memberikan informasi kepada *stakeholder* dan pengguna potensial untuk mengetahui potensi pemanfaatan reaktor riset dan sebagai bahan rekomendasi bagi pimpinan dalam membuat kebijakan. Penyusunan Buku Putih ini ditujukan dalam rangka mengoptimalkan pemanfaatan reaktor riset BATAN.

I.3. Ruang Lingkup

Buku Putih ini memuat sumber daya pendukung reaktor riset, potensi pemanfaatan reaktor riset bagi pengguna internal maupun eksternal, potensi eksternal, permasalahan, analisis dan pembahasan, serta menyajikan strategi dan rencana tindak.

BAB II SUMBER DAYA REAKTOR RISET

II.1. Reaktor TRIGA 2000

II.1.1 Fasilitas

Fasilitas yang terdapat di Reaktor TRIGA 2000 dapat dipergunakan untuk melakukan berbagai penelitian. Fasilitas utama yang disediakan untuk penelitian antara lain di dalam teras reaktor, di atas, di dalam dan sekitar reflektor grafit, dan di dalam perisai air sekitar teras reaktor.

1. Fasilitas dalam Teras Reaktor

Fasilitas di dalam teras reaktor digunakan untuk penelitian dengan fluks neutron tinggi. Fasilitas lainnya yang tersedia dalam teras untuk iradiasi atau penelitian adalah pneumatik dan *Central Thimble*.

2. Fasilitas di Daerah Reflektor

Iradiasi untuk produksi isotop dan penelitian dapat dilakukan di daerah reflektor di luar teras reaktor. Pada bagian atas di sekitar reflektor tersedia tempat untuk menempatkan detektor neutron, baik untuk monitor daya reaktor maupun untuk penelitian karakteristik reaktor.

Pada bagian dalam sebelah atas reflektor tersedia fasilitas *Lazy Susan* yang terutama dipergunakan untuk produksi isotop. Fasilitas iradiasi atau penelitian lainnya di daerah reflektor antara lain: *beamport*, *Thermal Column*, USIF, TOF.

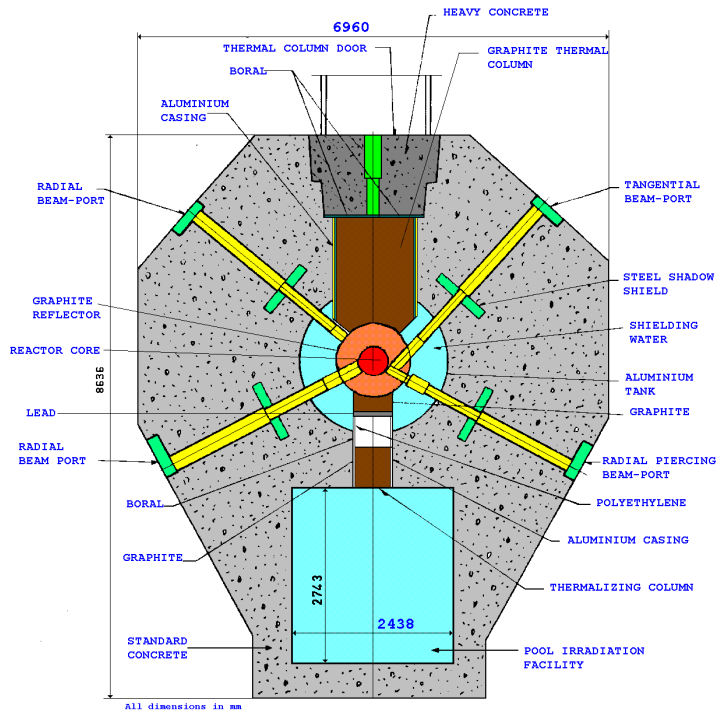
3. Fasilitas dalam Perisai Air di Sekitar Reaktor

Fasilitas ini digunakan untuk penelitian *Bulk-Shielding*. Fasilitas yang berada di sisi bangunan reaktor berseberangan dengan *Thermal Column* serta diisi air untuk perisai. Selain dari itu, fasilitas itu dihubungkan dengan teras reaktor oleh suatu kolom neutron termal.

Adapun komponen Reaktor TRIGA 2000 serta kondisinya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Komponen Reaktor TRIGA 2000

No.	Komponen	Mulai digunakan	Keterangan
1	Detektor FC (FC Baru)	1965 2009 2016	Tidak berfungsi (Des '03) Berfungsi baik FC baru akhir 2016
2	Detektor IC (IC Baru)	1965 2009	1 baik & 1 rusak (2002). Berfungsi baik
3	Batang kendali dan motornya	1965/2000 2015	Kondisi baik, 4 buah lama dan 1 buah baru (B4C) 2 Batang kendali (2015)
4	Blower Ventilasi (Sistem ventilasi) Sistem Ventilasi Darurat	1965 2000	Kondisi baik ($\Delta p = 0,2$ cm air) (karbon aktif)
5	Gedung Reaktor	1965 2014	Sudah diteliti pengaruh seismik terhadap struktur gedung reaktor (0,35g) Penguatan Gedung
6	Fasilitas iradiasi <i>Lazy Susan</i>	1971	Tidak berfungsi sejak 2002, Rantai pemutarnya tidak dapat digerakkan.
7	Fasilitas iradiasi pneumatik	1965	Kondisi baik.
8	<i>Transfer Cask</i>	1965	Kondisi baik.
9	Bak air sistem ECCS	1965	Kondisi baik, (Q = 8 gpm)
10	Struktur Penyangga <i>Crane</i> Reaktor 5 ton	1965	Kondisi baik.
11	Bulk Shielding	1965 2000	Kondisi baik, Dinding dilapisi plat Al baru
12	Tempat Penyimpanan Bahan Bakar bekas	1992	Kondisi baik
13	Bahan Bakar reaktor (Banyak fuel elemen <i>burn-up</i> nya mendekati 50%)	1971	Kondisi baik, tetapi beberapa mempunyai <i>burn-up</i> mendekati 50%
14	Penyimpanan Bahan Bakar Baru	2000	Kondisi baik
15	Sistem Chimney teras reaktor	2000	Kondisi baik



Gambar 1. Penampang Lintang Horizontal Reaktor TRIGA 2000

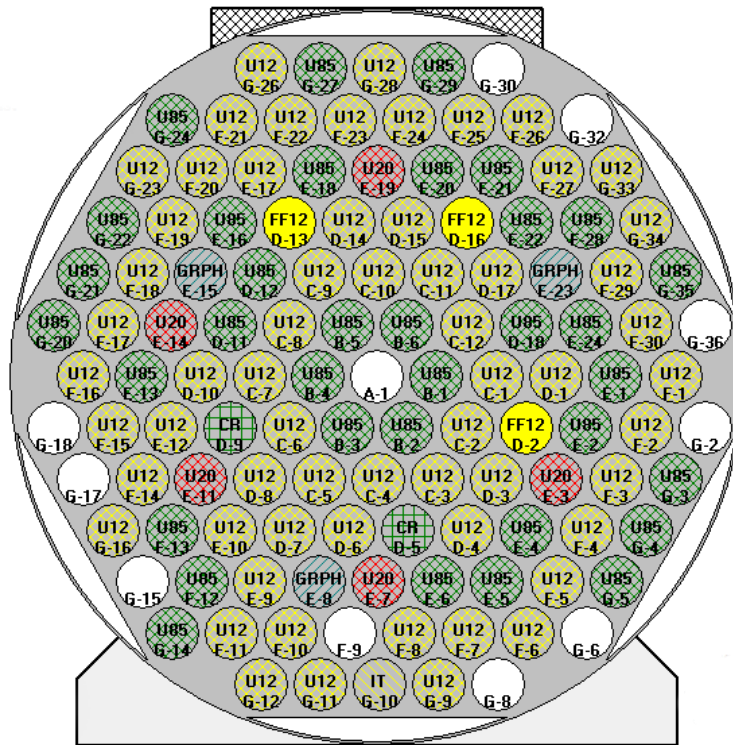
Berkenaan dengan izin operasi, pada tahun 2006 Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) membatasi izin pengoperasian Reaktor TRIGA 2000 untuk keperluan iradiasi dan penelitian karena ada parameter keselamatan yang harus dipenuhi. Kegiatan penelitian dengan menggunakan reaktor TRIGA dihentikan sementara sampai dengan tahun 2010. Walaupun parameter keselamatan tersebut dapat terpenuhi, namun BAPETEN belum juga mengeluarkan izin pengoperasian. September 2011 BAPETEN mengeluarkan rekomendasi agar BATAN (Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan - PSTNT) segera melakukan penguatan struktur gedung dan mengganti batang kendali yang dilengkapi dengan elemen bakar (*fuel follower control rod* – FFCR) dengan nilai fraksi bakar telah mencapai 50%. Bila tidak dilakukan, BATAN diminta untuk segera mengajukan atau membuat jadwal rencana dekomisioning. BATAN kemudian segera menindak lanjuti rekomendasi BAPETEN dengan melakukan kerja sama dengan Badan Tenaga Atom Internasional (*International Atomic Energy Agency/IAEA*). Selanjutnya selama tahun 2012-2013 dilakukan penyusunan dokumen *Strategic Plan* untuk perencanaan pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000 Bandung ke depan. Salah satu opsi dalam *Strategic Plan* adalah

melaksanakan penguatan struktur gedung Reaktor TRIGA dan mengoperasikan kembali Reaktor TRIGA 2000 dengan bahan bakar yang ada dan mengganti dua buah batang kendali. Tahun 2014 telah dilaksanakan pekerjaan penguatan struktur gedung dan pembuatan desain batang kendali tanpa bahan bakar. Rancang bangun batang kendali harus dilakukan sendiri oleh BATAN (Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN), karena *General Atomic* – Amerika Serikat sebagai pabrik pembuat batang kendali sejenis Reaktor TRIGA sudah tidak ada.

Sejak tahun 2015 hingga awal tahun 2016, PSTNT telah menyerahkan laporan hasil pengujian batang kendali Reaktor TRIGA dan mengajukan izin untuk operasi reaktor ke BAPETEN. Izin operasi diperoleh pada tanggal 18 Februari 2016 dan Reaktor TRIGA 2000 dapat digunakan kembali untuk kegiatan penelitian dan produksi radioisotop. Izin operasi akan berakhir pada 3 Desember 2016. Pengajuan perpanjangan izin operasi sedang dilakukan dan diharapkan bisa berlaku sampai dengan Desember 2026.

Saat ini Reaktor TRIGA menggunakan 5 batang kendali yaitu 3 FFCR dan 2 BKRTTBB (Batang Kendali Reaktor TRIGA 2000 Tanpa Bahan Bakar). Gambar 2 menunjukkan konfigurasi teras terkini Reaktor TRIGA 2000 dengan komposisi 101 buah elemen bakar; 3 buah batang kendali FFCR; dan 2 buah batang kendali BKRTTBB. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan data teknis Reaktor TRIGA 2000.

Dengan bahan bakar nuklir terpasang maka umur operasi Reaktor TRIGA 2000 adalah sebanyak 200 hari dengan daya 1000 kW. Akan tetapi karena operasi saat ini hanya dengan daya 700 kW maka umur operasi reaktor dapat diperpanjang menjadi 260 hari. Bahan bakar Reaktor TRIGA 2000 yang masih *fresh*/belum digunakan sebanyak 8 buah dan jika bahan bakar ini dipasang maka umur operasi reaktor akan semakin panjang sebanyak 50% atau 390 hari dengan daya 700 kW. Guna efisiensi bahan bakar maka saat ini operasi reaktor hanya dilakukan 3 hari (72 jam) per 3 minggu untuk pelayanan iradiasi rutin.



Gambar 2. Konfigurasi Teras Terkini Reaktor TRIGA 2000

Tabel 2. Data Teknis Reaktor TRIGA 2000 Bandung:

Daya Termal	: 2000 kW (2 MW)
Bahan Bakar	: U-235 (38, 55 and 99 gram) per element
Bahan Bakar di Inti	: 107 <i>element</i>
Moderator	: H ₂ O dan ZrH
Pendingin	: Air ringan (<i>light water</i>)
Reflektor	: <i>Graphite</i> dan H ₂ O
Batang Kendali	: B ₄ C, 5 Buah
Fluks Neutron Thermal maksimum:	
CT (A-1)	: $5,18 \times 10^{13}$ n/cm ² .detik
E-8	: $2,57 \times 10^{13}$ n/cm ² .detik
E-15	: $3,40 \times 10^{13}$ n/cm ² .detik
E-23	: $2,56 \times 10^{13}$ n/cm ² .detik
Pneumatic	: $2,46 \times 10^{13}$ n/cm ² .detik
Lazy Susan	: $8,34 \times 10^{13}$ n/cm ² .detik

II.1.2. Sumber Daya Manusia

Sumber Daya Manusia (SDM) yang berada di bidang reaktor sebanyak 18 orang termasuk 3 orang pejabat struktural (Kepala Bidang, dan 2 Kepala Sub Bidang) seperti yang terlihat di Tabel 3. Satu jadwal operasi dibutuhkan minimal 16 orang untuk 4 *shift* kerja. Jumlah SDM yang ideal adalah 3 orang pejabat struktural dan 1 orang administrasi reaktor yang tidak ikut *shift*.

Tabel 3. SDM Bidang Reaktor TRIGA 2000

No	Uraian	Saat ini	Pensiun	Jumlah	Keterangan
1	Supervisor R	8	3	5	2017-2020
2	Operator R	4		4	
3	Perawat R	3	3	0	2017-2020
4	SPPBN	3	1	2	2017
	Jumlah	18 *)	7	11	

Berdasarkan data struktur manajemen reaktor, status SDM Reaktor TRIGA 2000 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. SDM Manajemen Reaktor TRIGA 2000

No	REAKTOR TRIGA		2016				Usia		
			SDM yang dibutuhkan	SDM Saat ini	Kompetensi	Sertifikasi Bapeten	>50	30-50	<30
1	Group Manajemen		3 Orang	3 Orang					
	Manager	Manajer	1 orang	1 Orang	S2,S1,D4	SIB	x	x	
		Deputi Manajer Teknis	2 Orang	2 Orang	S1,D4,D3	SIB		x	
2	Group Operasi		22	15					
	Operasi	Supervisor Operasi	6 Orang	7 Orang	S1,D4	SIB	x	x	
		Operator Operasi	16 orang	8 Orang	S1,D4,D3	SIB	x	x	x
3	Group Perawatan		14	7					
	Perawatan	Supervisor Perawatan	1 Orang	-	S1, D4, D3	SIB	x	x	
		Teknisi Perawatan	3 Orang	1 Orang	S1, D4, D3	SIB	x	x	x
	Elektrik	Supervisor Elektrik	1 Orang	-	S1,D4,D3	SIB	x	x	
		Teknisi Elektrik	3 Orang	3 Orang	S1,D4,D3	SIB	x	x	x
	SIK	Supervisor	1 Orang	1 Orang	S1,D4,D3	SIB	x	x	
		Teknisi	3 Orang	2 Orang	S1,D4,D3	SIB	x	x	x
	Kimia Air	Teknisi Kimia Air	2 Orang	1 Orang	S1,D4,D3	SIB	x	x	x
4	Group Seifgard		6	3					
	Seifgard	Supervisor Seifgard	2 Orang	2 Orang		SIB	x	x	
		Penanggung jawab	4 orang	1 Orang		SIB	x	x	x
	JUMLAH		45	28					

Terlihat dari Tabel 4 bahwa kebutuhan SDM ideal struktur manajemen reaktor adalah sebanyak 45 orang, akan tetapi saat ini SDM yang tersedia sebanyak 28 orang yang tersebar lintas bidang diantaranya bidang K3 dan bidang lain. Selain itu data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa dari 18 orang yang berada di bidang reaktor, sebanyak 7 orang akan segera memasuki usia pensiun sehingga dimasa yang akan datang dibutuhkan SDM profesional. Hal ini memberikan

peluang dan kesempatan bagi pegawai yang masih muda untuk mengisi kekosongan tersebut.

II.1.3. Anggaran

Anggaran PSTNT secara keseluruhan dari tahun 2012 - 2016 dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa realisasi anggaran PSTNT dari tahun 2012 sampai dengan 2015 dibawah 95%.

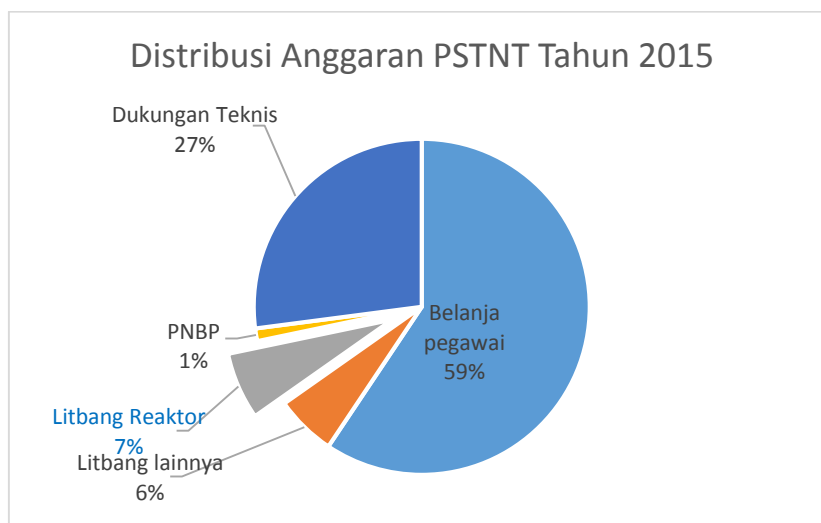
Tabel 5. Anggaran DIPA dan Realisasi PSTNT 2010-2016

Tahun	DIPA	REALISASI	%
2012	32,125,582.00	29,822,951.18	92.83
2013	31,572,248.00	29,043,044.06	91.99
2014	33,904,661.00	31,204,891.96	92.04
2015	36,003,474.00	33,762,743.95	93.78
2016	33,442,409.00		

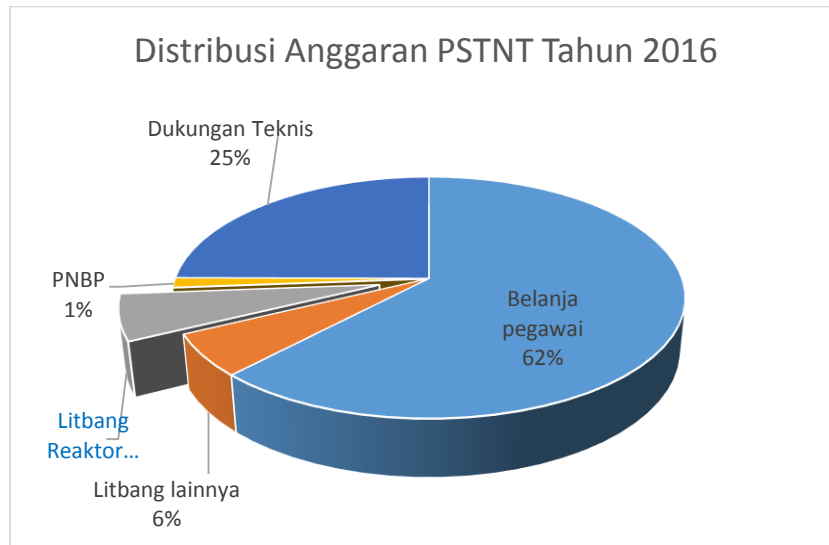
Distribusi anggaran PSTNT tahun 2015 dan 2016 dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 3 serta Gambar 4. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa anggaran kegiatan litbang tahun 2015 dan 2016 khusus untuk reaktor sebesar 7% dan 6%.

Tabel 6. Distribusi Anggaran PSTNT Tahun 2015

Jenis Belanja	Anggaran 2015	Anggaran 2016
Belanja pegawai	21,379,306,000	20,752,326,000
Litbang lainnya	2,110,429,000	1,899,863,000
Litbang Reaktor	2,333,329,000	2,026,687,000
PNBP	437,221,000	433,985,000
Dukungan Teknis	9,743,189,000	8,329,548,000
Total	36,003,474,000	33,442,409,000



Gambar 3. Diagram Distribusi Anggaran PSTNT Tahun 2015



Gambar 4. Diagram Distribusi Anggaran PSTNT Tahun 2016

Untuk biaya operasional Reaktor TRIGA 2000 sejak tahun 2012 – 2016 dapat dilihat pada Tabel 7. Selama operasi reaktor dihentikan sementara, biaya pemeliharaan sebesar Rp15 juta pada tahun 2012 dan Rp30 juta pada tahun 2013. Dalam rangka meningkatkan aspek keselamatan dan keamanan maka pada tahun 2014 dilakukan revitalisasi Reaktor TRIGA 2000 dengan anggaran sebesar Rp7 miliar. Anggaran tersebut digunakan untuk kegiatan *retrofitting* yang merupakan salah satu persyaratan dari BAPETEN agar reaktor dapat dioperasikan kembali. Kegiatan ini berupa penguatan bangunan untuk menghindari dampak adanya gempa melalui penguatan struktur bangunan reaktor, penempatan sensor gempa dan perbaikan fasilitas pendukung lainnya. Sedangkan untuk tahun 2015 biaya operasional reaktor sebesar Rp700 juta dan untuk tahun 2016 sebesar Rp1,8 miliar untuk biaya pemeliharaan dan operasional.

Tabel 7. Biaya Pemeliharaan dan Operasional Reaktor Tahun 2010-2016

Tahun	Biaya Pemeliharaan	Biaya Operasional
2012	15.000.000,-	-
2013	30.000.000,-	-
2014	7.000.000.000,-	-
2015	-	700.000.000,-
2016	1.200.000.000,-	600.000.000,-

II.2. Reaktor Kartini

II.2.1. Fasilitas

Fasilitas iradiasi dan eksperimen yang terdapat pada Reaktor Kartini antara lain:

1. Penyalur Berkas Neutron.

Fasilitas ini dipergunakan untuk keperluan iradiasi sampel dan menyediakan berkas neutron.

2. Kolom Termal. Dipergunakan untuk keperluan iradiasi dengan neutron termal.

3. Saluran Tengah (*central thimble*). Didesain untuk keperluan iradiasi atau eksperimen dengan fluks maksimum.

4. Fasilitas Iradiasi : F1, F-2 dan F-3 yang terdapat di atas reflektor.

5. Fasilitas *Bulk Shielding*.

Fasilitas ini digunakan untuk eksperimen perisai, dan juga untuk menyimpan sementara bahan bakar bekas.

6. Perangkat Subkritik.

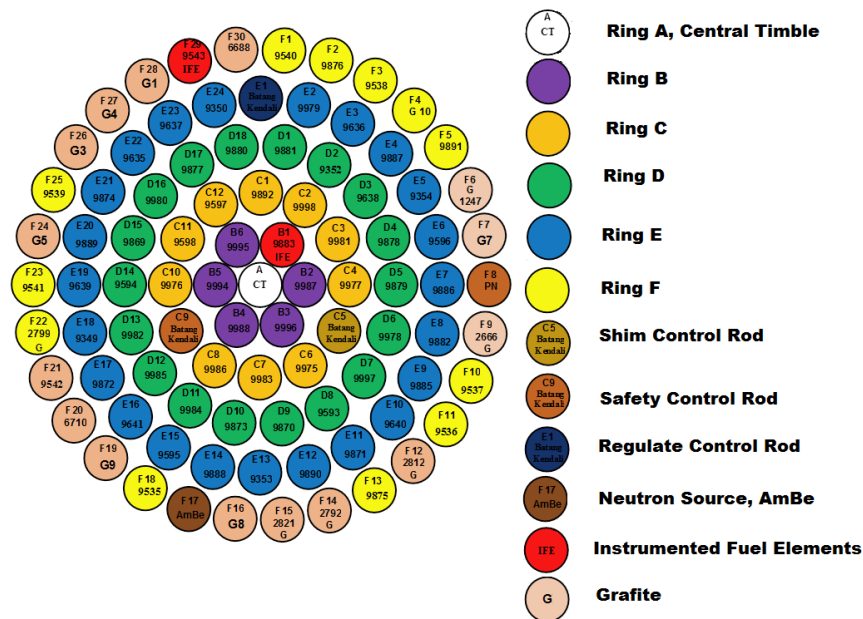
Fasilitas ini berfungsi untuk keperluan studi parameter-parameter statis reaktor dari sistem konfigurasi uranium-air.

7. Sistem Transfer Pneumatik.

Sistem ini berfungsi untuk memasukkan dan mengeluarkan sampel dari dalam teras secara cepat. Sampel ditempatkan di dalam suatu wadah (*rabbit*).

8. Fasilitas Dukung Litbang Berupa Fasilitas *Lazy Susan* dan *Beam Port*, *Delay Neutron Counting* serta kolom termal dapat dipergunakan sebagai sarana iradiasi untuk Analisis Aktivasi Neutron (AAN), iradiasi gamma untuk kimia radiasi dan neutron radiografi serta penelitian dasar terkait *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT).

Gambar 5 menunjukkan konfigurasi teras Reaktor Kartini dan Tabel 8 menunjukkan data teknis Reaktor Kartini.



Gambar 5. Konfigurasi Teras Reaktor Kartini

Tabel 8. Data Teknis Reaktor Kartini

Jenis Reaktor	: TRIGA
Kapasitas Desain	: 250 kW
Maksimal Daya Operasi	: 100 kW
Bahan Bakar	: UzrH
Kerapatan Bahan Bakar	: 5,64gr/cc
Kelongsong Bahan Bakar	: <i>Stainless Steel</i>
Batang Kendali	: 3 (<i>Safety, Compensate, and Regulating Rods</i>)

II.2.2 Sumber Daya Manusia

Sumber Daya Manusia (SDM) Reaktor Kartini saat ini berjumlah 26 orang, terdiri dari 1 orang Manajer, 2 orang Deputi Manajer, 3 orang Supervisor Operasi, 7 orang, Teknisi Operasi, 1 orang Supervisor Perawatan, 4 orang Teknisi Perawatan, 1 orang Supervisor Elektrik, 3 orang Teknisi Elektrik, 1 orang Supervisor SIK, 1 orang Operator SIK, 1 orang Supervisor Seifgard dan 1 orang Penanggung jawab (Tabel 9).

Pegawai struktural Bidang Reaktor sebanyak 26 orang, terdiri dari Eselon III (Kabid Reaktor) sebanyak 1 orang, dan Eselon IV sebanyak 2 orang (Kasubag Perawatan dan Kasubag Bahan Nuklir dan Perencanaan Dekomisioning) beserta staf sebanyak 23 orang. Dari 26 orang SDM yang ada, terdiri dari 15 jabatan fungsional pranata nuklir dan 11 jabatan fungsional umum.

Saat ini SDM Reaktor Kartini yang berusia lebih dari 50 tahun sebanyak 20 orang, usia antara 30 – 50 tahun sebanyak 3 orang, sedangkan usia dibawah 30 tahun sebanyak 3 orang. Seluruh pelaksana operasi Reaktor Kartini telah memiliki Sertifikasi Operasi, Perawatan dan Bahan Nuklir yang dikeluarkan oleh BAPETEN sesuai Perka BAPETEN Nomor 6 Tahun 2013 tentang Izin Bekerja Petugas Instalasi dan Bahan Nuklir.

Tabel 9. SDM Reaktor Kartini

No.	Group Reaktor		SDM Reaktor Kartini		
			Kebutuhan	Saat ini	Kekurangan
1.	Manajer		1	1	-
2.	Deputi		2	2	-
3.	Group Operasi	Supervisor	4	3	1
		Teknisi	10	7	3
4.	Group Perawatan	Supervisor	3	3	-
		Operator	11	8	3
		Teknisi	3	-	3
5.	Group Safeguard	Supervisor	3	1	2
		Teknisi	7	1	6
TOTAL			44	26	18

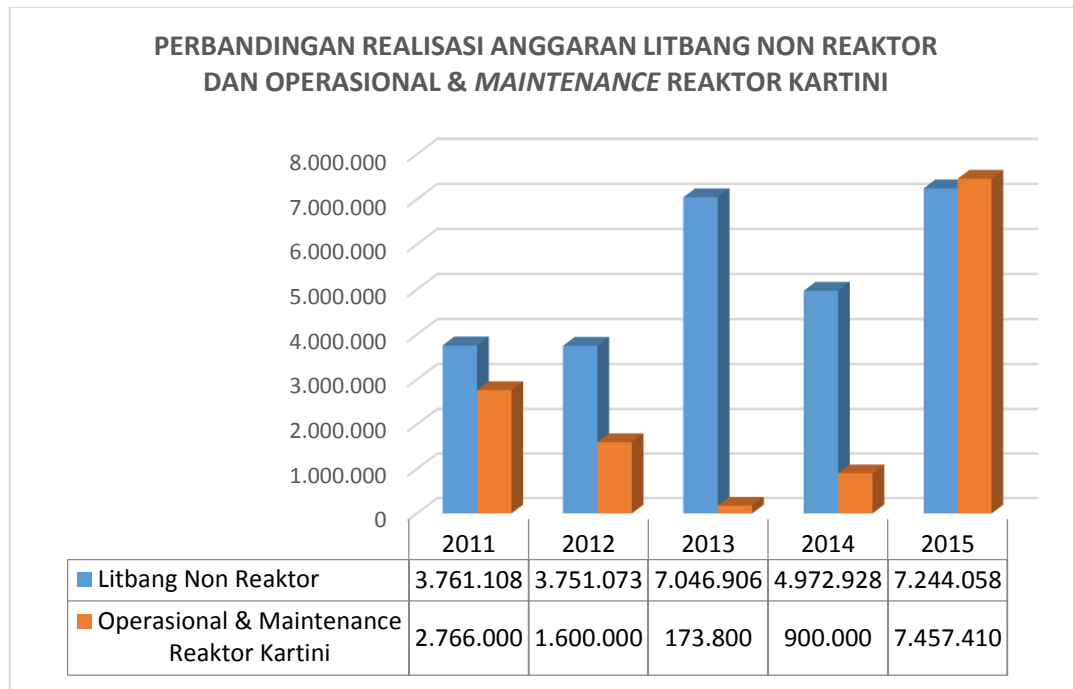
II.2.3 Anggaran

Jumlah total anggaran PSTA di tahun 2016 sebesar Rp56,659 miliar dan untuk pelaksanaan litbang Reaktor Kartini sebanyak Rp1 miliar yang akan digunakan untuk perawatan reaktor, revitalisasi, dan operasional reaktor.

Dari Tabel 10 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 terdapat penurunan anggaran, sebagian besar anggaran digunakan untuk litbang reaktor dan anggaran perawatan sebesar Rp8,796 miliar.

Tabel 10. Perbandingan DIPA PSTA dengan Biaya Operasi Reaktor

No.	Tahun	Realisasi Anggaran DIPA	Realisasi Anggaran Litbang Non Reaktor PSTA	%	Realisasi Operasi Pendayagunaan Reaktor Kartini	%
1.	2011	38.525.144.000	3.761.107.535	9,76	2.766.000.000	7,18
2.	2012	49.563.764.000	3.751.073.430	7,57	1.600.000.000	3,23
3.	2013	50.014.555.000	7.046.905.992	14,09	1.738.000.000	3,47
4.	2014	46.932.248.000	4.972.927.779	10,60	900.000.000	1,92
5.	2015	59.021.301.000	7.244.058.000	12,27	7.457.410.000	12,64



Gambar 6. Perbandingan Anggaran Litbang Non Reaktor dan Operasional dan *Maintenance* Reaktor Kartini

Dalam rangka meningkatkan aspek keselamatan dan keamanan maka pada tahun 2015 dilakukan revitalisasi Reaktor Kartini dengan anggaran sebesar Rp7,457 miliar. Anggaran tersebut digunakan untuk pembangunan *dome* Reaktor Kartini dan kegiatan *retrofitting* (penguatan bangunan gedung reaktor).

II.3. RSG-GAS

II.3.1. Fasilitas

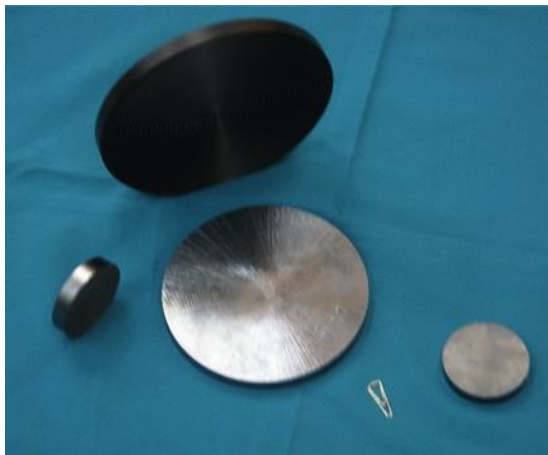
Fasilitas RSG-GAS digunakan selain untuk kegiatan penelitian di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) nuklir juga untuk melayani kegiatan iradiasi nuklir. Penelitian di bidang iptek nuklir dititikberatkan pada penelitian di bidang bahan bakar nuklir, fisika reaktor, dan pelatihan teknisi reaktor, sedangkan pelayanan kegiatan iradiasi nuklir dilakukan untuk penelitian uji material dan produksi isotop.

Fasilitas yang dimiliki oleh RSG-GAS adalah sebagai berikut:

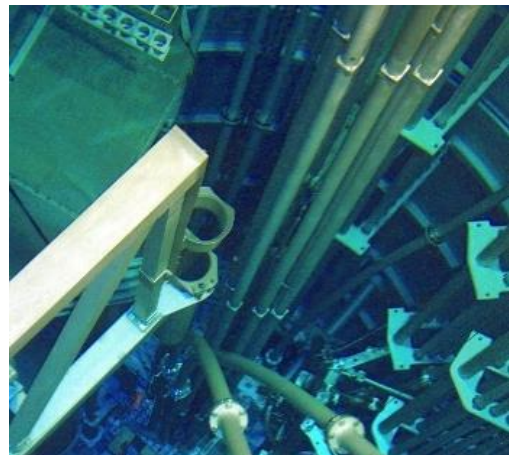
1. Fasilitas Silikon Doping

Fasilitas Silikon Doping yang ada di RSG-GAS merupakan fasilitas eksperimen dan penelitian yang dapat dikembangkan menjadi fasilitas produksi untuk memenuhi kebutuhan industri. Fasilitas ini melayani kegiatan

iradiasi ingot silikon oksida dengan sifat bahan sebagai isolator dengan doping neutron maka sifat bahan diubah menjadi bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor dari silikon ini kemudian dikenal memiliki sifat yang baik sebagai bahan pembuatan IC (*integrated circuit*). Iradiasi ingot silikon di RSG-GAS membutuhkan perlakuan khusus baik dalam pembuatan kontainernya maupun tata cara selama iradiasi di reaktor. Susunan ingot yang diletakkan di dalam kontainer khusus yang diberikan penapis neutron cepat harus berada pada daerah yang kaya dengan hamburan neutronnya. Karena kebutuhan homogenitas paparan neutron, maka ingot silikon harus diputar pada posisi stabilnya dan ingot mendapatkan paparan radiasi neutron secara sama besar pada seluruh permukaan luasannya. Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bentuk ingot silicon oksida dan posisi iradiasinya di luar teras reaktor.



Gambar 7. Ingot Silikon Oksida



Gambar 8. Posisi Iradiasi Silikon di Luar Teras Reaktor

Kualitas silikon semikonduktor diukur dari nilai tahanannya tidak boleh lebih besar dari 50 Ohm di semua titik koordinat secara sama besar. Disamping itu silikon ingot tidak boleh mengalami kerusakan fisik akibat dari transportasi.

2. Fasilitas *Rabbit System*

Rabbit system adalah fasilitas iradiasi target dengan durasi iradiasi waktu pendek, dari minimum 3 menit sampai dengan maksimum 5 jam, tergantung dari kebutuhan pengguna. Rabbit System terdiri dari 4 kanal pengirim sampel yang diisi dengan medium air disebut dengan *hydraulic rabbit system* untuk durasi iradiasi lama dan 1 kanal yang diisi oleh udara kering disebut dengan

pneumatic rabbit system untuk durasi iradiasi pendek, 1 detik sampai dengan 3 menit. Penggunaan *rabbit system* antara lain dimanfaatkan untuk kegiatan Analisis Aktivasi Neutron atau disingkat AAN dan digunakan sebagian dari kegiatan produksi radioisotop. Untuk melaksanakan iradiasi pada *rabbit system*, target harus ditempatkan di dalam kapsul khusus dari bahan *polyethilen* yang disediakan untuk iradiasi jangka pendek. Pekerjaan pengaturan dan pengendalian kinerja *rabbit system* dilakukan oleh komputer *Programmable Logic Controller (PLC)*. Gambar 9, 10 dan 11 menunjukkan kapsul untuk *rabbit system* hidrolik dan pneumatic serta terminal dari *rabbit system*.



Gambar 9. Kapsul Aluminium untuk *Rabbit System* Hidrolik



Gambar 10. Kapsul Polyethilen untuk *Rabbit System* Pneumatik



Gambar 11. Terminal *Rabbit System*

3. Fasilitas Produksi Radioisotop

Fasilitas iradiasi yang ada di dalam teras reaktor *Irradition Position* (IP) dapat digunakan untuk memproduksi radioisotop yang berguna untuk keperluan medik, industri maupun pertanian. Dengan menggunakan RSG-GAS yang mempunyai fluks neutron cukup tinggi, maka hasil radioisotop yang diperoleh lebih efisien dan lebih cepat.

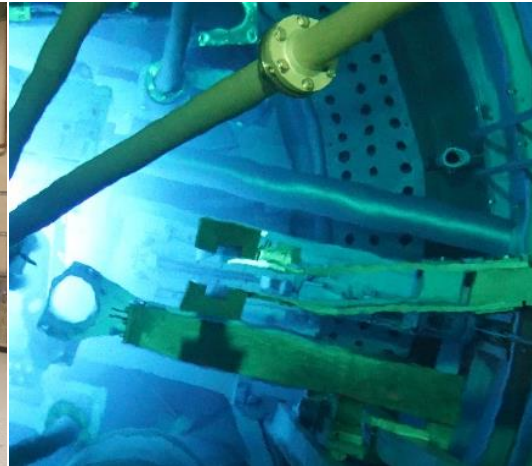
Berbagai jenis radioisotop dari proses fisi maupun aktivasi telah dihasilkan RSG-GAS, baik untuk keperluan medis (Tc-99m, I-125, I-131, dll.), keperluan industri (Ir-192, Br-82), maupun untuk penelitian (P-32). Khusus untuk I-125 dibuat dengan mengiradiasi gas Xe-124 dengan neutron di tabung berkas S1, sedangkan radioisotop lainnya diiradiasi di dalam teras reaktor.

4. Fasilitas *Power Ramp Test Facility* (PRTF)

Power Ramp Test Facility (PRTF) adalah salah satu fasilitas eksperimen yang digunakan untuk melakukan penelitian terhadap karakteristik mekanis dari pin elemen bakar nuklir PLTN tipe PWR terhadap pengaruh radiasi neutron pada saat perubahan daya yang dilakukan secara bertahap. Hasil eksperimen ini akan sangat bermanfaat dalam pekerjaan disain elemen bakar nuklir reaktor daya. Instalasi PRTF terdiri dari sebuah siklus tertutup dari reaktor mini dan sistem pendingin primer yang memiliki tekanan internal sampai dengan 160 bar menyerupai kondisi di reaktor bertekanan tinggi. Instalasi PRTF juga memiliki siklus pendingin sekunder yang berhubungan dengan pendingin reaktor RSG-GAS. Inti reaktor PRTF yang dimuati oleh pin elemen bakar target iradiasi dapat digerakan mendekati dan menjauhi teras reaktor RSG-GAS, sesuai dengan prosedur eksperimen yang berlaku. Kegiatan eksperimen menggunakan PRTF bersifat penelitian dilakukan oleh Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM). Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan panel pengoperasian PRTF dan posisi pembawa teras PRTF.



Gambar 12. Panel Pengoperasian
PRTF



Gambar 13. Posisi Pembawa Teras
PRTF

5. Fasilitas Tabung Berkas (*Beam Tube*)

RSG-GAS memiliki 6 tabung berkas yang terpasang secara radial dari teras reaktor menuju pinggiran tangki reaktor. Tabung berkas neutron akan mengalirkan paparan radiasi neutron dari teras menuju ke peralatan eksperimen yang terhubung pada ujung-ujung tabung berkas tersebut. Tabung berkas di RSG-GAS di beri nama S1 sampai dengan S6.

Tabung berkas S1, digunakan untuk produksi isotop Iodin (^{131}I), tabung berkas S2 digunakan untuk pembuatan imej radiografi, tabung berkas S3 belum dimanfaatkan, tabung berkas S4 digunakan untuk eksperimen berbasis spektrometer neutron, tabung berkas S5 digunakan untuk eksperimen berbasis difraktometer neutron dan tabung berkas S6 digunakan untuk eksperimen berbasis difraktometer neutron sudut sempit.

II.3.2. Sumber Daya Manusia

Kondisi Sumber Daya Manusia (SDM) RSG-GAS pada tahun 2016 disajikan pada Tabel 11. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa SDM yang dimiliki PRSG belum ideal, karena SDM yang terkait dengan pengelolaan reaktor idealnya berjumlah 75 orang yang bersertifikasi, sedangkan kondisi yang ada berjumlah 66 orang, berarti masih membutuhkan 9 orang yang bersertifikasi.

Tabel 11. SDM RSG-GAS

No	REAKTOR TRIGA		2016				Usia		
			SDM yang dibutuhkan	SDM saat ini	Kompetensi	Sertifikasi Bapeten	>50	30-50	<30
1	Group Manajemen								
	Manajer	Manajer	1 orang	1 Orang		Tidak ada	1		
		Deputi Manajer Teknis	3 Orang	3 Orang		Tidak ada	2	1	
2	Group Operasi								
	Operasi	Supervisor Operasi	8 Orang	8 Orang		ada	6	2	
		Operator Operasi	25 orang	20 Orang		ada	7	7	6
3	Group Perawatan								
	Perawatan	Supervisor Perawatan	4 Orang	4 Orang		ada	4		
		Teknisi Perawatan	8 Orang	6 Orang		ada	4	2	x
	Elektrik	Supervisor Elektrik	3 Orang	2 Orang		ada	2		
		Teknisi Elektrik	8 Orang	7 Orang		ada	5	2	
	SIK	Supervisor	2 Orang	2 Orang		ada		2	
		Teknisi	6 Orang	5 Orang		ada	1	2	2
	Kimia Air	Teknisi Kimia Air	2 Orang	2 Orang		ada		1	1
4	Group Seifgard								
		Supervisor Seifgard	1 Orang	2 Orang		ada	1	1	
	Seifgard	Penanggung jawab	4 orang	4 Orang		ada	1	3	
	JUMLAH		75	66		ada	34	23	9

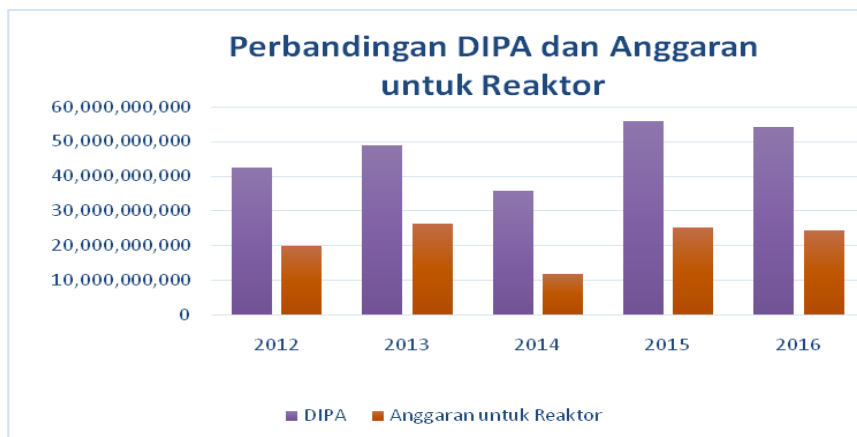
II.3.3. Anggaran

Secara keseluruhan anggaran PRSG dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 cenderung mengalami kenaikan, kecuali tahun 2014. Hal ini disebabkan karena tidak ada pengadaan elemen bakar dari PT. INUKI (PT. BANTEK) sebagai produsen tunggal elemen bakar yang dihentikan sementara izin operasinya. Rata-rata anggaran untuk reaktor dari tahun 2012 - 2016 kurang lebih 50% dari DIPA PRSG. Target dan realisasi anggaran untuk reaktor dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 disajikan pada Tabel 12 dan Gambar 14.

Tabel 12. Anggaran RSG-GAS

Tahun	Anggaran PRSG	Anggaran untuk Reaktor	
		Alokasi Anggaran	Persentase
2012	42.366.851.000	19.912.054.000	47%
2013	48.856.559.000	26.407.757.000	54%
2014	35.822.587.000	11.794.142.000	32%
2015	55.811.487.000	25.092.916.000	45%
2016	54.212.020.000	24.365.244.000	45%

*Realisasi anggaran reaktor per Agustus 2016



Gambar 14. Perbandingan Anggaran PRSG dan Anggaran untuk Reaktor

Pada tahun 2016, anggaran BATAN mengalami *self blocking* dan hal ini mempengaruhi anggaran RSG-GAS. Salah satunya adalah ada kegiatan revitalisasi yang tidak dapat terlaksana karena anggarannya tidak cukup.

BAB III POTENSI PEMANFAATAN REAKTOR RISET DAN PERMASALAHAN

III.1. Potensi Pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000

Pada tahun 2016 operasi Reaktor TRIGA 2000 memiliki target jam operasi sebesar 250 jam dan telah direalisasikan sebesar 240 jam dengan target iradiasi sebanyak 50 dan realisasi sebesar 36.

Secara umum pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000 pada tahun 2015 dan 2016 dapat dilihat pada Tabel 15. Pada tahun 2015 kegiatan operasi reaktor hanya bersifat perawatan dan tahun 2016 operasi reaktor sudah dapat dimanfaatkan untuk produksi radioisotop dan kegiatan Analisis Aktivasi Neutron (AAN).

Tabel 13. Kegiatan Pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000 Tahun 2015-2016

Tahun	Kegiatan	Durasi (Jam)
2015	a. Modifikasi batang kendali	30 jam
	b. Perawatan SIK	30 jam
2016	a. Perawatan SIK	20 jam
	b. Produksi Radioisotop	120 jam
	c. Litbang lainnya (AAN)	120 jam

Berikut ini adalah Tabel 14 yang menjelaskan potensi dari fasilitas yang terdapat pada Reaktor TRIGA 2000.

Tabel 14. Potensi dan Fasilitas Reaktor TRIGA 2000

Fasilitas	Jenis Target/Produk	Kapasitas	Manfaat	Prospek Pengguna
<i>Central thimble</i>	Radioisotop	3 <i>container</i> /periode operasi	Kebutuhan medis; industri; analitik	Rumah Sakit; industri; peneliti
<i>Pneumatic Transfer Tube</i>	Sampel NAA	1 <i>tube</i> /3-5 menit	Analisis radiometri	Peneliti; instansi KLH
<i>In-core Position Lazy Susan</i>	Radioisotop	9 <i>container</i> /periode operasi 3 <i>container</i> /periode operasi	Kebutuhan medis; industri; analitik	Rumah Sakit; industri; peneliti
<i>Beam port</i> (3 buah)	Neutron radiography; pengukuran bahan	Belum dimanfaatkan	Analisis bahan	Peneliti
<i>Thermal Column</i>	PGNAA	Belum dimanfaatkan	Analisis bahan	Peneliti

Pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000 disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000

Fasilitas	Pengguna	Jenis Target/Produk	Litbang/PNBP	Kendala
<i>Central thimble</i>	Peneliti internal	Radioisotop: Mo-99; I-131; P-32; Br-82; Cr-53; Zn-65; Re-186, batu mulia	Litbang, PNBP (batu mulia 2016)	-
<i>Pneumatic Transfer Tube</i>	Peneliti internal; instansi KLH	Sampel lingkungan	Litbang PNBP	-
<i>In-core Position</i>	Peneliti internal	Radioisotop: Mo-99; I-131; P-32; Br-82; Cr-53; Zn-65; Re-186, batu mulia	Litbang, PNBP	-
<i>Beamport</i> (3 buah)	Belum ada		Litbang	Perlu alat pendukung
<i>Thermal Column</i>	Belum ada		Litbang	Perlu alat pendukung

Tabel 15 menunjukkan bahwa pemanfaatan fasilitas yang ada di Reaktor TRIGA 2000 dimanfaatkan untuk keperluan litbang dan layanan PNBP. Untuk pemanfaatan fasilitas *Beam Port* dan *Thermal Column* saat ini belum ada penggunaannya dan masih memerlukan alat pendukung jika ingin digunakan. Kondisi ini perlu diperhatikan agar ke depan PSTNT bisa berperan aktif untuk mencari *stakeholder* yang berminat memanfaatkan fasilitas tersebut.

Secara rinci pemanfaatan Reaktor Riset TRIGA 2000 dapat dilihat berdasarkan bidang pemanfaatannya.

III.1.1. Pendidikan dan Pelatihan

Sejak beroperasi tahun 1965 sampai dengan sekarang, Reaktor TRIGA 2000 telah banyak berkontribusi dalam meningkatkan ilmu pengetahuan dan wawasan teknologi nuklir dalam bentuk:

- Kunjungan pelajar/mahasiswa
- Pelatihan operator dan supervisor
- Praktek Kerja Lapangan
- Tugas akhir/tesis

Sampai dengan saat ini jumlah pengunjung Reaktor TRIGA 2000 sebanyak 20 ribu orang (Tabel 16). Sedangkan pelajar/mahasiswa yang melakukan kerja praktek dan tugas akhir di Reaktor TRIGA 2000 berjumlah 965 orang (Tabel 17).

Daftar pelatihan dari tahun 2010-2016 yang memanfaatkan Reaktor TRIGA 2000 dapat dilihat pada Tabel 18. Daftar pelatihan dari tahun 2010-2016 yang diikuti oleh Operator dan Supervisor untuk menjaga dan meningkatkan kompetensi dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 16. Rekapitulasi Kunjungan di PSTNT

TAHUN	Klasifikasi			Jumlah Orang
	SLTA	Perguruan Tinggi	Instansi/Umum	
2010	12	16	1	2127
2011	28	14	-	3451
2012	7	5	-	4536
2013	9	9	-	2106
2014	24	20	1	3450
2015	12	19	2	2749
TW III 2016	7	12	5	1700
Jumlah	99	95	9	20119

Tabel 17. Rekapitulasi Prakerin, Kerja Praktek, dan Tugas Akhir di PSTNT

TAHUN	PRAKERIN	KERJA PRAKTEK	TUGAS AKHIR	JUMLAH ORANG
2010	35	51	45	131
2011	37	55	48	140
2012	39	53	35	124
2013	33	49	40	122
2014	35	50	41	126
2015	43	69	49	161
2016	43	59	56	151
JUMLAH	265	386	314	965

Tabel 18. Daftar Pelatihan dari Tahun 2010-2016 yang Memanfaatkan Reaktor TRIGA 2000

No.	Nama Pelatihan
1.	Pelatihan Supervisor & Operator Reaktor TRIGA
2.	Pelatihan Supervisor & Teknisi Perawatan Reaktor TRIGA
3.	Workshop Kajian Tangki Reaktor
4.	Diklat Pimpinan Eselon III untuk Provinsi Jawa Barat
5.	Diklat Pimpinan Eselon II
6.	Diklat Kedaruratan Nuklir

No.	Nama Pelatihan
7.	<i>IAEA/RCA Regional Workshop for Supporting Operational Procedures and Developing Capability for New Participating Countries to Expand the Regional Sampling Network' (RAS7029 project)</i>
8.	Workshop Petugas Proteksi Radiasi
9.	<i>Focus Group Discussion (FGD) dan Workshop Kehumasan 2016</i>
10.	<i>Workshop on Finger printing for Source Identification Through Application of Nuclear Analytical Techniques</i>

Tabel 19. Daftar Pelatihan dari Tahun 2010-2016 Operator dan Supervisor

No.	Nama Pelatihan
1.	Pelatihan Supervisor & Operator Reaktor TRIGA
2.	Pelatihan Supervisor & Teknisi Perawatan Reaktor TRIGA
3.	<i>Reactor Engineering & Safety I</i>
4.	<i>Reactor Engineering & Safety II</i>
5.	NBPTC
6.	SPPBN
7.	<i>The International Training Course on State Systems of Accounting for and Control of Nuclear Material</i>
8.	Pelatihan dekomisioning reaktor riset
9.	<i>Training Workshop TC Project INS/9/024 "Preparing a Decommissioning Plan for the Bandung TRIGA-2000 Reactor"</i>
10.	<i>Training Workshop TC Project INS 1027 "Assisting the Preparation of the Bandung TRIGA Research Reactor for Conditions of Normal "</i>
11.	<i>Introduction of 130S-01 High Resolution Seismic Recorders System</i>
12.	<i>RTC inventory and Characterization of RR</i>
13.	Pelatihan Audit Internal SMT
14.	TTX USDOE-BATAN
15.	<i>Periodic Safety Review</i>
16.	Workshop Kajian Tangki Reaktor
17.	Pelatihan Operator Crane
18.	Workshop MCNP
19.	Workshop Pelayanan Terpadu

III.1.2. Penelitian dan Pengembangan

Reaktor TRIGA 2000 dilengkapi dengan beberapa fasilitas untuk penelitian yang meliputi:

- Penelitian Sintesis Senyawa Bertanda.
- Penelitian Radiokimia dan Radiobiologi.
- Penelitian Radiometri (Teknik Analisis Nuklir).
- Penelitian Radiologi Lingkungan.
- Penelitian Aspek Neutronik dan Thermohidraulik Teras Reaktor.
- Penelitian Instrumentasi Nuklir.
- Penelitian Nano Fluida.
- Program-program penelitian lainnya, baik yang menggunakan fasilitas Reaktor TRIGA 2000 Bandung secara langsung maupun tidak langsung.

Saat ini kegiatan litbang di PSTNT khususnya di bidang reaktor atau yang terkait langsung dengan reaktor adalah sebagai berikut:

- a. Desain konversi Reaktor TRIGA 2000 ke bahan bakar tipe pelat.
- b. Dokumen teknis pengoperasian Reaktor TRIGA 2000 menggunakan batang kendali tanpa elemen bakar (*non fuel follower*).
- c. Data riset remediasi in-situ lingkungan tapak Reaktor TRIGA 2000 untuk program dekomisioning.

Kegiatan penelitian yang tidak terkait langsung dengan operasi reaktor adalah Teknik Analisis Nuklir (TAN). Teknik ini adalah salah satu teknik nuklir yang digunakan untuk mengkuantifikasi unsur-unsur kimia yang terkandung dalam suatu materi. Teknik ini mempunyai berbagai keunggulan, yaitu pengujian yang bersifat tidak merusak, sensitivitas pengukuran yang relatif tinggi sampai nanogram, selektivitas yang tinggi dengan kemampuan identifikasi unsur secara simultan. Teknik ini digunakan dalam bidang industri, kesehatan dan lingkungan. Adapun prospek penerimaan negara bukan pajak dari TAN berkisar antara 150 juta sampai 200 juta pertahun.

Operasi Reaktor TRIGA 2000 secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan yang cukup signifikan terhadap hasil akhir dari sebuah penelitian yaitu berupa publikasi ilmiah. Publikasi ilmiah terkait operasi Reaktor TRIGA 2000 saat ini sebanyak 4 publikasi ilmiah baik internasional maupun nasional yang dihasilkan oleh PSTNT maupun unit kerja lain di BATAN. Selain itu operasi Reaktor TRIGA 2000 secara tidak langsung juga mendukung kegiatan AAN maupun Analisis Senyawa Bertanda dan Radiometri yang

dilakukan oleh PSTNT, dan hasil publikasi ilmiah secara tidak langsung merupakan bagian dari hasil operasi reaktor. Beroperasinya kembali Reaktor TRIGA 2000 diharapkan dapat mendukung kegiatan litbang PSTNT dan unit kerja lain secara lebih optimal sehingga dapat menghasilkan publikasi ilmiah lebih banyak lagi dalam rangka mendukung Visi dan Misi BATAN untuk unggul di tingkat regional. Tabel 20 menyajikan rekapitulasi publikasi ilmiah di PSTNT.

Tabel 20. Rekapitulasi Publikasi Ilmiah Dalam Negeri dan Luar Negeri PSTNT

JENIS PUBLIKASI	TAHUN						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jurnal nasional belum terakreditasi	-	-	-	-	1	1	-
Jurnal nasional terakreditasi	8	10	11	10	5	6	6
Jurnal internasional	5	3	6	9	5	5	3
Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional	23	14	-	20	9	8	22
Prosiding Pertemuan Ilmiah Regional (ASEAN)	-	-	-	-	-	-	-
Prosiding Pertemuan Ilmiah Internasional	13	7	-	11	10	7	-
JUMLAH	49	34	17	50	30	27	31

III.1.3. Produksi Radioisotop

Reaktor TRIGA 2000 merupakan salah satu reaktor penelitian yang dilengkapi dengan fasilitas iradiasi. Fasilitas iradiasi ini bersama dengan fasilitas produksi radioisotop pada laboratorium radioisotop dan senyawa bertanda di PSTNT digunakan untuk memproduksi berbagai jenis radioisotop melalui reaksi aktivasi neutron. Beberapa radioisotop yang sering diproduksi menggunakan fasilitas ini adalah I-131, Mo-99 untuk memperoleh Tc-99m, Br-82 dan P-32 seperti yang tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 21. Radioisotop Hasil Iradiasi Reaktor TRIGA 2000

Radioisotop	Bentuk Kimia	Radioaktivitas Maksimum/ <i>Batch</i>	Kegunaan
I-131	$^{131}_{53}\text{I}$	1000 mCi	Kesehatan
Mo-99	$\text{Na}_2^{99}\text{MoO}_4$	400 mCi	Kesehatan

Radioisotop	Bentuk Kimia	Radioaktivitas Maksimum/ <i>Batch</i>	Kegunaan
P-32	$H_3^{32}PO_4$	50 mCi	Kesehatan, Pertanian
Br-82	$K^{82}Br$	3000 mCi	Industri
Cr-53	Chrom-amberlite	500 mCi	Industri
Zn-65	Zn Metal	50 mCi	Pertanian, Industri
Re-186	$H^{186}ReO_4$	50 mCi	Kesehatan, Industri

Beberapa stakeholder yang pernah rutin menggunakan jasa pembuatan radioisotop Reaktor TRIGA 2000 antara lain tercantum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 22. Pemanfaatan Radioisotop dan Pengguna Potensial

No	Pemanfaatan Radioisotop	Pengguna Potensial
1.	Diagnosis dan radioterapi	Rumah Sakit yang memiliki kedokteran nuklir (RSHS, Santosa Bandung)
2.	Pengukuran laju aliran atau kebocoran pipa penyalur	PT. Badak Ngl Co. Bontang-Kaltim PT. Kertas Kraft Aceh, Aceh PT. BBS Proyek Foman Dayu, Pandaan-Jawa Timur PT. Petrokimia Gresik PT. Pusri Palembang-Sumatera Selatan Pertamina Jakarta, Jalur pipa BBM-Tanjung Priok, Plumpung – Jakarta
3.	Studi distribusi waktu tinggal (cara mengetahui unjuk kerja suatu bejana proses, seperti pola aliran bahan, waktu tinggal)	Pabrik Semen Cibinong, Bogor-Jawa Barat. PT. Aneka Tambang, Tambang Emas Cikotok dan Tambang Emas Pongkor – Jawa Barat PT. Petro Kimia Gresik – Jawa Timur PT. Kertas Paadalarang – Jawa Barat PT. Pusri Palembang – Palembang EOR (<i>Enhanced Oil Recovery</i>) = Hudbay Oil (Bengkalis-Sumatera), Asamera Oil Ltd (Sumatera Selatan), Husky Oil Ltd (Limau-Sumatera), JOB Pertamina Lirik (Riau-Sumatera)
4.	Deteksi kebocoran	PT. Pusri Palembang (<i>Heat Exchanger, Dust Chamber Prilling, Konverter Amonia</i>)
5.	Menentukan letak penyumbatan pipa bawah tanah	PT. Petrokimia Gresik (jalur pipa air 23 km) PT. Pupuk Kujang-Cikampek (jalur pipa air 8 km)

Adapun potensi penerimaan negara bukan pajak (PNBP) dari proses produksi radioisotop menggunakan reaktor TRIGA diperkirakan mencapai 1,7 miliar rupiah pertahun dari produksi radioisotop I-131 dan 300 juta rupiah pertahun dari produksi radioisotop lainnya dengan kapasitas produksi yang telah dijelaskan di atas dan harga pasaran radioisotop untuk saat ini.

III.1.4. Layanan PNBP

Layanan PNBP di PSTNT yang terkait dengan layanan Reaktor TRIGA 2000 diantaranya adalah jasa iradiasi gamma dan jasa iradiasi neutron. Tetapi semenjak September 2011 sampai dengan saat ini target PNBP di PSTNT tidak menargetkan penerimaan dari jasa tersebut. Walaupun demikian sejak beroperasinya Reaktor TRIGA 2000 kembali pada 18 Februari 2016, per triwulan II tahun 2016 ini sudah ada 1 pelanggan yang menggunakan jasa iradiasi dengan layanan pengujian berupa fasilitas iradiasi dalam teras selama 120 jam.

Dengan tidak beroperasinya Reaktor TRIGA 2000 membuat penelitian di PSTNT yang berkaitan dengan reaktor menjadi sedikit terganggu dan diatasi dengan menggunakan fasilitas iradiasi di RSG-GAS yaitu berupa jasa iradiasi (*core dan rabbit system*) sebesar Rp36 juta untuk tahun 2014, Rp49 juta untuk tahun 2015 dan Rp55 juta untuk tahun 2016.

Selain itu potensi PNBP lainnya saat ini yang belum tercantum dalam peraturan tentang jenis dan tarif PNBP adalah pengadaan jasa pelatihan dan praktikum mahasiswa.

1. Pelatihan

- Pelatihan Radiokimia
- Pelatihan Radioisotop dan Senyawa Bertanda
- Pelatihan Operator dan Supervisor Reaktor
- Pelatihan Perawatan Reaktor
- Pelatihan Akuntansi Bahan Nuklir

3. Praktikum Mahasiswa :

- Termohidraulika
- Neutronik

Saat ini ada perguruan tinggi yang berminat untuk memanfaatkan Reaktor TRIGA 2000 untuk praktikum mahasiswa dan siap membayar/menyediakan dana akan tetapi masih terkendala mekanisme pembayaran yang memang belum tersedia.

III.2. Potensi Pemanfaatan Reaktor Kartini

Reaktor Kartini sebagai sumber neutron memiliki potensi pemanfaatan dalam kegiatan diklat, litbang dan layanan. Rincian pemanfaatan kegiatan yang dilakukan untuk dalam pemanfaatan operasi Reaktor Kartini antara lain:

1. Melakukan penelitian dan pengembangan dibidang fisika dan teknologi reaktor.
2. Melakukan peningkatan keselamatan operasi dan pendayagunaan fasilitas reaktor.
3. Melakukan operasi, perawatan dan penggunaan reaktor.
4. Melakukan pelayanan iradiasi.

Saat ini realisasi jam operasi reaktor pada tahun 2016 sebanyak 247,2 jam, untuk realisasi tahun 2013-2015 dapat dilihat pada Tabel 23. Sedangkan Tabel 24 menunjukkan potensi dan fasilitas Reaktor Kartini dan Tabel 25 menyajikan pemanfaatan Reaktor Kartini.

Tabel 23. Realisasi Jam operasi Reaktor Kartini Tahun 2013-2015

Tipe Produk	Realisasi Jumlah Jam Operasi					
	2013		2014		2015	
Iradiasi/Riset	219,916	84,11%	107,617	77,00	85,83	
Praktikum mahasiswa	35,133	13,44%	23,080	16,51	25,85	
Kalibrasi/Pengujian Eksperimen	3,166	1,21%	7,770	5,56	3,00	
Inspeksi BAPETEN	3,233	1,24%	1,300	0,93		
Total	261,448		139,767		114,68	

Tabel 24. Potensi dan Fasilitas Reaktor Kartini

Fasilitas	Jenis Target/ Produk	Kapasitas	Manfaat	Prospek Pengguna
<i>Beam Port</i> Sub kritis	Penelitian		Penelitian SAMOP	Iradiasi neutron/Gamma
<i>Beam Port</i> Radial	Penelitian BNCT		Iradiasi	Iradiasi neutron
<i>Beam Port</i> Tangensial	Penelitian		iradiasi	Iradiasi neutron/Gamma
Kolom Termal	Penelitian		Iradiasi	
<i>Central Thimble</i>	-	-	-	-
Fasilitas <i>Bulk Shielding</i>	-	77 bahan bakar	Penyimpanan bahan bakar	Penyimpanan bahan bakar internal

Fasilitas	Jenis Target/ Produk	Kapasitas	Manfaat	Prospek Pengguna
Sistem Transfer Pneumatik.	AAN	Iradiasi waktu pendek	AAN	Mengirim dan menarik sampel dari reaktor
Fasilitas <i>Lazy Susan</i>	Material padat/cair Sampel untuk AAN	79 Sampel dalam selongsong	Penelitian analisis	Iradiasi metoda AAN
<i>Delay Neutron Counting</i>	Penelitian		Analisis Neutron Kasip	Penelitian
<i>HpGe neutron Counting</i>	Penelitian		Analisis Isotop/AAN	Penelitian analisis isotop/AAN
PENDIDIKAN				
1. Praktikum Fisika Reaktor langsung 2. <i>Online</i> melalui teleconferensi 3. <i>Nuclear School</i>	1. Praktikum Operasi Reaktor 2. Praktikum AAN 3. Praktikum Kalibrasi daya	50 mahasiswa/hari	Pengenalan Fisika Reaktor	Universitas di Indonesia, Universitas regional Bapeten, IAEA

Tabel 25. Pemanfaatan Reaktor Kartini

Fasilitas	Pengguna	Jenis Target/Produk	Litbang/PNBP	Kendala
<i>Lazy susan</i>	Peneliti, Industri, Universitas	Tempat Iradiasi Neutron	Litbang dan PNBP	LAK
<i>Beam Port</i>	BNCT, SAMOP, Neutron Radiografi	Iradiasi Neutron	Litbang	LAK
<i>Delay Neutron Counting</i>	Penelitian, PT. Timah	Neutron kasip	Litbang	LAK
Pendidikan 1. Praktikum Fisika Reaktor langsung 2. <i>Online</i> melalui teleconferensi 3. <i>Nuclear School</i>	UGM, UNS, UKSW, Undip, Unsoed, ITS, UI, BAPETEN, IAEA, Bangladesh		Potensi kerma	

III.2.1. Pendidikan dan Pelatihan

Sejak beroperasi tahun 1979 sampai dengan sekarang, Reaktor Kartini telah banyak berkontribusi dalam meningkatkan wawasan iptek nuklir berupa:

- Kunjungan pelajar/mahasiswa
- Pelatihan operator dan supervisor
- Praktek Kerja Lapangan/praktikum
- Tugas akhir/tesis

Kegiatan praktikum dilakukan melalui Pengenalan Fisika Reaktor secara langsung, *online* melalui *teleconference* dan *Nuclear School* untuk:

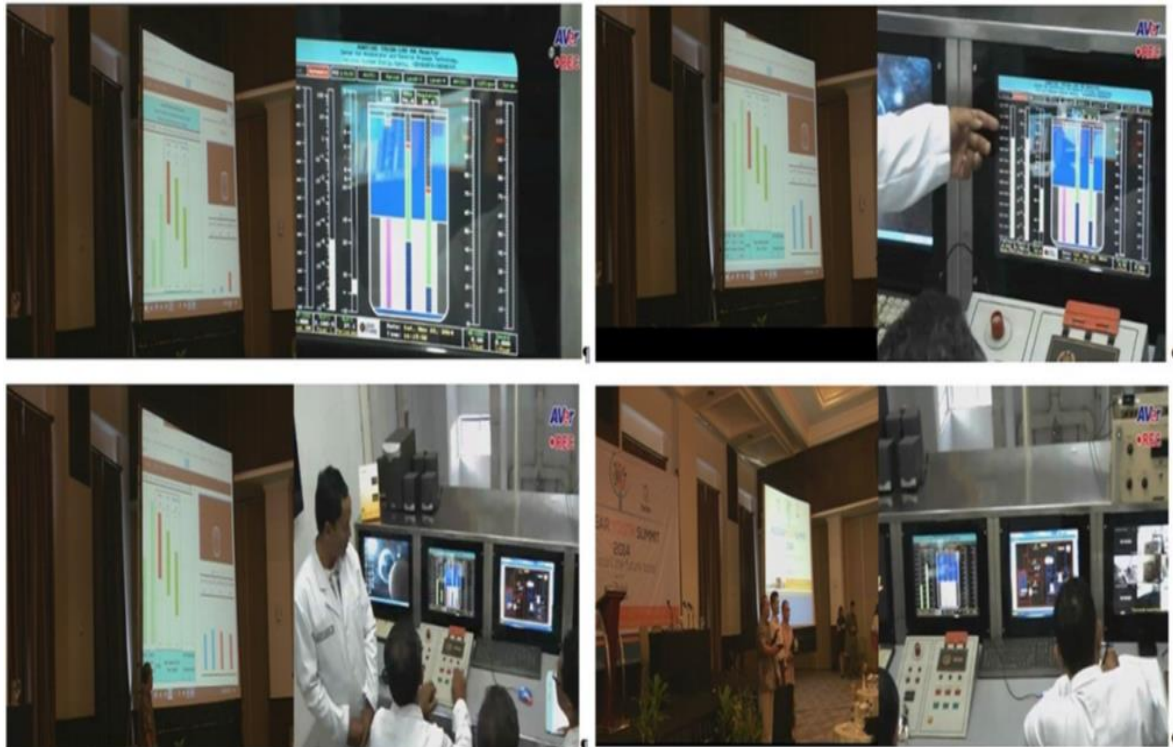
- **Praktikum Operasi Reaktor**
pengembangan fasilitas simulator untuk NTC melalui penerapan akuisisi data, serta revitalisasi untuk peningkatan keselamatan operasi dan perawatan SSK melalui program penuaan dan perawatan struktur, sistem dan komponen (penambahan fasilitas inspeksi untuk perawatan seperti temperatur menggunakan *Infra red*, pengukuran kebisingan sistem *blower*, inspeksi visual menggunakan kamera boroskop) pembaruan/penggantian komponen pengukur parameter operasi seperti laju alir, tekanan dan temperatur.
- **Praktikum Kalibrasi Daya Reaktor**
Mendukung penelitian untuk mencari berapa daya sesungguhnya yang dibangkitkan didalam teras reaktor

Potensi unggulan di Reaktor Kartini adalah praktikum dengan menggunakan metode *Internet Reactor Laboratory* (IRL, *Internet-based Reactor Learning*). IRL adalah salah satu bentuk pendayagunaan Reaktor Kartini untuk diklat melalui teknologi informasi telekomunikasi. Konten dari IRL terdiri 2 bagian yaitu *Theory And Experiment Of Reactor Physics* dan *Experiment Of Reactor Physic In TRIGA Kartini Reactor*.

Metode pengajaran IRL ditujukan untuk jurusan Fisika Fakultas MIPA diseluruh perguruan tinggi di Indonesia. Pengajaran dapat dilakukan jarak jauh melalui *teleconference* dengan kapasitas 50 peserta per hari atau lebih dengan pengajar yang berasal dari Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA).

Soft launching IRL telah dilakukan melalui acara *Nuclear Youth Summit* (NYS) Yogyakarta pada tanggal 22 November 2014 (Gambar 15). IRL masih perlu pengembangan lebih lanjut akan tetapi saat ini telah dijalankan secara *offline* pada Universitas Gadjah Mada (UGM), Universitas Negeri Surakarta (UNS), UI (Universitas Indonesia), UMY (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta), Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), dan Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir (STTN) melalui praktikum langsung di Reaktor Kartini. Kendala yang dihadapi kegiatan IRL ini adalah belum adanya dukungan kerja sama dengan IAEA, belum tersedianya dukungan server internet, dan belum adanya

sosialisasi yang optimal kepada perguruan tinggi potensial. Kondisi perkembangan di Asia menunjukkan bahwa Korea Selatan juga sedang mengembangkan metode IRL untuk praktikum reaktor jarak jauh, hal ini seharusnya dapat mendorong BATAN untuk segera mengatasi kendala yang dihadapi agar BATAN dapat berperan aktif dalam pendidikan dan praktikum reaktor jarak jauh.



Gambar 15. Uji Coba IRL pada *Nuclear Youth Summit*

Pada tahun 2016 telah dilakukan diklat "Nuclear Experiment" dari Universitas Indonesia sebanyak 12 orang, praktikum mahasiswa dan pelaksana operator reaktor sebanyak 132 orang. Jumlah peserta diklat dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2016 disajikan pada Tabel 26. Sedangkan Tabel 27 menunjukkan jumlah peserta praktikum di Reaktor Kartini dari tahun 2012 -2015.

Tabel 26. Diklat di Reaktor Kartini

No	Tahun	Jumlah peserta	Waktu	Nama Pendidikan dan Pelatihan	Pemangku Kepentingan
1	2009	4	12-28 Oktober 2009	OJT Keselamatan reaktor	Bapeten
2		23	6-23 April 2009	Diklat Perawatan reaktor Kartini	PTAPB (PSTA) BATAN
3	2010	10	26 Juli - 6 Agustus 2010	OJT Keselamatan reaktor	Bapeten

No	Tahun	Jumlah peserta	Waktu	Nama Pendidikan dan Pelatihan	Pemangku Kepentingan
4		22	12 - 23 April 2010	Operator/supervisor reaktor	PTAPB (PSTA) BATAN
5	2011	20	3-14 Oktober 2011	<i>Reactor Engineering and safety I (reactor physic experiment)</i>	PDL BATAN
6	2012	27	17 - 28 September 2012	Diklat Seifgard	PTAPB (PSTA) BATAN
7		24	5-16 maret 2012	Diklat Perawatan reaktor Kartini	PTAPB (PSTA) BATAN
8	2013	2	14 jan- 1 Febuari 2013	OJT Perawatan reaktor	Bangladesh/ IAEA
9		23	18 feb - 7 maret 2013	Operator/supervisor reaktor	PTAPB (PSTA) BATAN
10		14	31 jan - 1 Feb 2013	Operator/supervisor reaktor	PTNBR (PSTNT) BATAN
11	2014	12	3 Maret- 28 Maret 2014	<i>Coaching</i> Bahan Nuklir	PSTA BATAN
12		12	1 April - 1 Mei 2014	<i>Coaching</i> SIK	PSTA BATAN
13	2015	25	3-4 Maret 2015	Workshop Bahan Nuklir	PSTA-BATAN
14		24	9 Maret-20 Maret 2015	Pelatihan Penyegaran Teknisi dan Supervisor Perawatan R.Kartini	PSTA-PDL
15		11	30Maret-3April 2015	<i>Nuclear School of Reactor Experiments and Neutron Application for Asis-Pasific Region</i>	BATAN-Nuklear Malaysia-IAEA
16		11	14 April 2015	<i>Nuclear school on reactor experiments</i>	UNS Surakarta
17	2016	12	3 – 4 Maret 2016	<i>Nuclear school on reactor experiments</i>	MIPA - Universitas Indonesia

Tabel 27. Jumlah Peserta Pratikum pada Reaktor Kartini Tahun 2012 - 2015

No.	Universitas	2012	2013	2014	2015	2016	Total
1.	Teknik Fisika UGM	-	37	30	30	55	152
2.	STTN	50	52	26	62	60	250
3.	Operator Supervisor Reaktor	-	38	-	-	17	55
	Total	50	127	56	92	132	457

Penelitian pada fasilitas Reaktor Kartini telah menghasilkan tugas akhir mahasiswa di beberapa universitas seperti disajikan pada Tabel 28.

Tabel 28. Jumlah Tugas Akhir Mahasiswa

No.	Universitas	Jumlah Tugas Akhir			
		2013	2014	2015	2016
1	UGM	5	4	3	6
2	UIN Sunan Kalijaga		1		
3	UNY		1	2	
4	UKSW			2	

5	STTN			2	2
6	UNNES				1
	Total	5	6	11	9

Selain diklat dan praktikum, pemanfaatan reaktor Kartini juga dimaksudkan untuk diseminasi pengetahuan tentang reaktor riset kepada kelompok masyarakat baik karyawan, mahasiswa dan lain-lain. Data kunjungan masyarakat ke Reaktor Kartini disajikan pada Tabel 29.

Tabel 29. Kunjungan Masyarakat ke Reaktor Kartini

Tahun	Jumlah Pengunjung (<i>man day</i>)		
	Terjadwal	Tak Terjadwal	Total
2014	4.126	17.450	21.576
2015	3.329	21.109	24.438
2016 ^{*)}	1.549	9.604	11.153 ^{**)}

^{*)} Minggu I Bulan September 2016

^{**)} 6.035 orang Mahasiswa

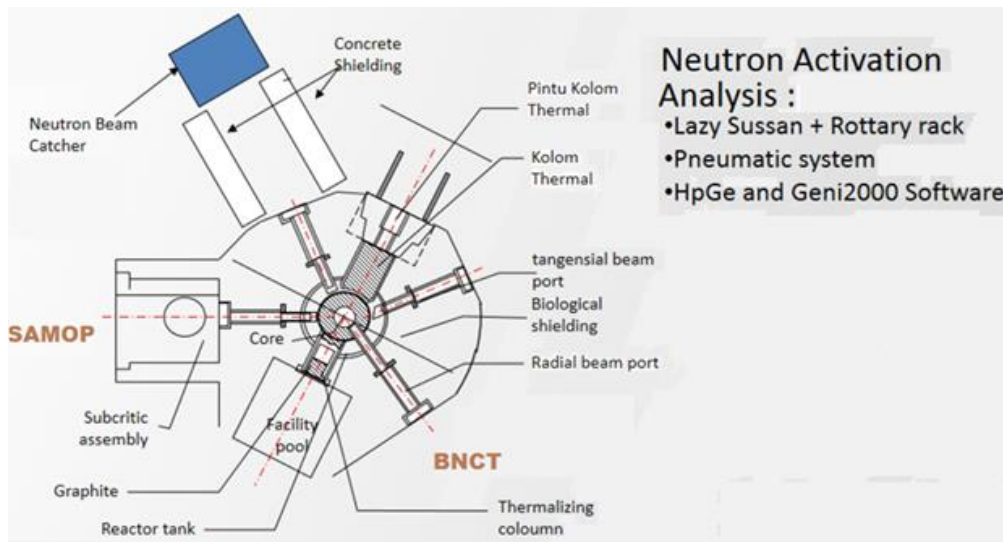
III.2.2. Penelitian dan Pengembangan

Reaktor Kartini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan litbang meliputi:

- Eksperimen set up SIK TRIGA pelat
- Eksperimen set up BNCT dengan memanfaatkan *beam port* tembus radial
- Eksperimen *set up* untuk *Prompt-Gamma Neutron Activation Analysis* (PGNAA) dengan memanfaatkan *beam port* tangensial
- Eksperimen SAMOP (*Subcritical Assembly for Mo99 Production*)

SAMOP sebagai alat produksi isotop Mo99 memerlukan uranil nitrat sebagai bahan bakar dan sekaligus sebagai target untuk menghasilkan Mo99 dan memerlukan generator neutron sebagai sumber neutron awal.

Reaktor Kartini dapat dimanfaatkan untuk penelitian dan pengembangan terkait dengan pengujian fluk termal dan epitermal, *key zero*, analisis unsur (AAN) pada pasir Zircon, batuan, hasil eksplorasi tambang, purin sintesis, debu batu bara (*fly and bottom ash*), abu merapi. Reaktor Kartini juga dimanfaatkan untuk pengujian SIK maupun kalibrasi daya dan kalibrasi batang kendali serta simulator reaktor daya berbasis Reaktor Kartini.



Gambar 16. Fasilitas AAN di Reaktor Kartini

Penelitian pada fasilitas Reaktor Kartini telah menghasilkan publikasi ilmiah yang dapat dilihat pada Tabel 30.

Tabel 30. Publikasi Ilmiah PSTNT

No.	Tema Reaktor	Jumlah publikasi					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	BNCT	-	-	-	-	2	2
	Jurnal Nasional Terakreditasi						2
	Prosiding Nasional					1	
	Buku Nasional					1	
	Seminar Nasional						
2	PGNAA	7	8	2	3	1	4
	Jurnal Internasional	-	-	1	-	-	
	Jurnal Nasional Terakreditasi	1	1	-	-	-	3
	Prosiding Nasional	6	6	1	3	1	1
	Lap. PIPKPP	-	-	-			
3	SAMOP	-	-	-	-	-	-
4	AAN	-	-	-	-	-	-
	Total	7	8	2	3	3	6

III.2.3. Layanan PNBPN

Kegiatan PNBPN di PSTA melayani kegiatan analisis, jasa keahlian, dan penjualan produk. Realisasi penggunaan dan pengeluaran PNBPN dari tahun 2012 s/d 2015 dapat dilihat pada Tabel 31. Penerimaan PNBPN di PSTA terbanyak berasal dari penyiapan sampel dan analisis yang umumnya dari hasil AAN.

Tabel 31 . Realiasi Penerimaan PNBP PSTA Tahun 2012-2016

No.	Layanan PNBP	2012	2013	2014	2015	2016
1	Penyiapan Sampel dan Analisis	471.806.000	116.115.094	135.537.000	43.235.000	137.585.000
2	Keahlian Ketenaganukliran	444.235.000		119.975.000		500.000
3	Penjualan Produk	8.630.000		8.690.000	3.360.000	5.770.000
4	Jasa Pengerjaan dan Uji Mekanik				1.600.000	3.840.000
	Total PNBP	924.671.000	116.115.094	264.202.000	48.195.000	147.695.000

III.3. Potensi Pemanfaatan RSG-GAS

RSG GAS dengan fasilitas pendukungnya mempunyai keunggulan dalam meningkatkan layanan baik untuk analisa bahan/unsur, produksi isotop dan radiofarmaka dan pengujian bahan. Keunggulan reaktor RSG-GAS adalah neutron yang dihasilkan mempunyai fluks yang tinggi. Pemanfaatan fasilitas yang ada di RSG-GAS sebagai berikut: Fasilitas Silikon Doping, dimanfaatkan efek radiasi neutronnya untuk mengubah atom silikon menjadi atom fosfor yang bersifat semi konduktor; fasilitas *Irradiation Position* (IP) mempunyai fluks neutron tinggi sehingga sangat efisien digunakan dalam produksi radioisotop dan radiofarmaka seperti Tc-99, I-125, I-131 (digunakan dalam analisa medis), Ir-192, Br-82 (digunakan di industri), P-32 (digunakan dalam bidang pertanian); fasilitas PRTF (*Power Ramp Test facility*) sangat baik digunakan untuk pengujian elemen bakar reaktor daya. Hasil pengujian yang diperoleh akan merupakan masukan bagi pengembangan jenis elemen bakar yang handal.

Selain fasilitas iradiasi yang berada di teras reaktor, terdapat juga fasilitas iradiasi yang berada diluar teras berupa 6 buah tabung berkas (*beam tube*), yang penggunaannya belum optimal/maksimal yaitu tabung S1 untuk fasilitas *Iodine Loop*, S2 untuk radiografi neutron, S3 masih kosong, S4 untuk spektrometer neutron 3 sumbu, S5 untuk menyalurkan berkas neutron ke gedung *Neutron Guide Hall* (NGH) yang selanjutnya berkas neutron tersebut digunakan untuk analisis bahan, dan S6 digunakan dalam difraktometer neutron untuk pengukuran tegangan sisa.

Pemanfaatan RSG-GAS tidak terbatas untuk keperluan penelitian saja melainkan dapat ditingkatkan penggunaannya untuk pelayanan masyarakat

luas melalui mekanisme PNBPN berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2011 tentang Tarif PNBPN di BATAN. Melalui PP tersebut BATAN telah menawarkan jasa iradiasi neutron RSG-GAS ke masyarakat melalui butir E, dan Jasa Iradiasi Batu Topaz RSG-GAS pada butir F. Selama ini layanan pemanfaatan jasa iradiasi neutron RSG-GAS baru sebatas kepada pelanggan yang masih sangat terbatas.

Disisi lain yang bersifat non ekonomis, pemanfaatan RSG-GAS juga digunakan di bidang pendidikan dalam bentuk pelatihan operator dan supervisor, praktek kerja lapangan, penulisan tugas akhir/tesis; di bidang promosi dan sosialisasi iptek nuklir berupa menerima kunjungan pejabat tinggi negara, anggota legislatif, guru teladan, kunjungan para siswa, dan sebagai sarana penelitian dan pengembangan iptek nuklir di dalam dan luar negeri. Banyaknya kunjungan ke RSG-GAS perlu dikelola secara manajerial agar layanan iradiasi RSG GAS tidak terganggu. Adapun rincian target dan realisasi jam operasi serta target dan realisasi iradiasi dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2016 disajikan pada Tabel 32. Dalam operasional sehari-hari RSG-GAS dijalankan dengan daya 15 MW dalam rangka efisiensi. Operasi reaktor dengan daya 15 MW sudah cukup untuk mendukung kegiatan penelitian, produksi isotop, uji material, serta layanan.

Tabel 32 menunjukkan bahwa realisasi jam operasi setiap tahun cenderung melampaui target, kecuali pada tahun 2014 dimana target jam operasi semula 4200 jam diturunkan menjadi 2100 jam. Penurunan jam operasi dan tidak tercapainya target iradiasi disebabkan penghentian permintaan layanan jasa iradiasi radioisotop oleh PT. INUKI dan adanya kebijakan dari Pimpinan BATAN berupa penghentian sementara layanan jasa iradiasi batu topaz. Namun dilihat dari capaian jam operasinya tetap tinggi (99 %).

Tabel 32. Jam Operasi dan Target Iradiasi RSG-GAS

No	Uraian	2010	2011	2012	2013	2014	2015

		Target	Realisasi	Target	Realisasi	Target	Realisasi	Target	Realisasi	Target	Realisasi	Target	Realisasi
1	Jam Operasi	3500	4002 (114 %)	3700	3800 (102 %)	3900	4184 (107%)	4000	4118 (102 %)	2100	2079 (99 %)	2700	3059 (113 %)
2	Target Iradiasi (jam)	300	564 (188%)	350	490 (140%)	400	478 (119 %)	450	532 (124 %)	500	279 (55,8 %)	500	438 (87%)
	Efektivitas*		14 %		12 %		11 %		12,9%		13,41 %		15,78 %

*Efektivitas adalah realisasi target iradiasi per jam operasi

Tabel 33 dan Tabel 34 menunjukkan potensi dan fasilitas RSG-GAS serta pemanfaatannya.

Tabel 33. Potensi dan Fasilitas RSG-GAS

Fasilitas	Jenis Target/Produk	Kapasitas	Manfaat	Prospek Pengguna
<i>Beam tube S1</i>	Isotop Iodine ¹³¹ I	Data di PTRR	Pengobatan	Farmasi
<i>Beam tube S2</i>	Imej Radiografi	Data di PSTBM	Produksi barang (Analisis barang)	Industri dan Penelitian
<i>Beam tube S4</i>	Spektrum Karakteristik Material	Data di PSTBM	Produksi barang dan penelitian (Analisis Materi)	Industri dan Penelitian
<i>Beam tube S5</i>	Difraksi Karakteristik Material	Data di PSTBM	Produksi barang dan penelitian (Analisis Materi)	Industri dan Penelitian
<i>Beam tube S6</i>	Difraksi Karakteristik Material	Data di PSTBM	Produksi barang dan penelitian (Analisis Materi)	Industri dan Penelitian
<i>In-Core</i>	Radio isotop berbagai jenis	250 Ci/minggu	Pengobatan dan obat-obatan	Rumah sakit, industri, penelitian
<i>In-Core</i>	Batu topaz	15 kg/minggu	Produksi berbagai bentuk perhiasan	Industri
<i>Out Core</i>	Batu topaz	20 kg/minggu	Produksi berbagai bentuk perhiasan	Industri
<i>PRTF</i>	Target teriradiasi	-----	Perancangan Elemen Bakar Nuklir	Industri Nuklir
Doping Silikon	Silikon semi konduktor	-----	Bahan semikonduktor pembuatan IC	Industri/Universitas

Tabel 34. Pemanfaatan RSG-GAS

Fasilitas	Pengguna	Jenis Target/Produk	Litbang/PNBP	Kendala
<i>Beam tube S1</i>	PTRR	Isotop Iodine ¹³¹ I	Litbang	Tidak ada
<i>Beam tube S2</i>	PSTBM	Imej Radiografi	Litbang	Tidak ada
<i>Beam tube S4</i>	PSTBM	Spektrum Karakteristik Material	Litbang	Tidak ada
<i>Beam tube S5</i>	PSTBM	Difraksi Karakteristik Material	Litbang	Ageing
<i>Beam tube S6</i>	PSTBM	Difraksi Karakteristik Material	Litbang	Tidak ada

Fasilitas	Pengguna	Jenis Target/Produk	Litbang/PNBP	Kendala
<i>In-Core Radioisotop</i>	PSTNT, PTRR, PT.INUKI, PAIR, PTKMR	Radio isotop berbagai jenis	Litbang	Tidak ada
<i>In-Core</i>	Gunter Meelis	Batu topaz	PNBP	Perijinan
<i>Out Core</i>	Gunter Meelis	Batu topaz	PNBP	Perijinan
<i>PRTF</i>	PSTBM	Target teriradiasi	Litbang	Tidak ada
Doping Silikon	PRSG	Silikon semi konduktor	Litbang	Bahan Baku

III.3.1. Pendidikan dan Pelatihan

Kegiatan pendidikan dan pelatihan (diklat) dilakukan secara rutin oleh RSG-GAS dalam rangka peningkatan kompetensi dan kapasitas SDM terkait operasi reaktor. Daftar pelatihan yang diselenggarakan RSG-GAS pada tahun 2014 dan 2015 dapat dilihat pada Tabel 35.

Tabel 35. Daftar Pelatihan RSG-GAS

TAHUN	NAMA DIKLAT/SEMINAR/WORKSHOP
2014	<i>Coaching</i> Perawatan Elektromekanik Sistem Ventilasi RSG-GAS
	Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir
	Diklat Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy
	Workshop Behavior Based Safety
	Latihan Kedaruratan Nuklir
2015	Workshop Penulisan Karya Tulis Ilmiah
	Pelatihan Teknisi Dan Supervisor Perawatan RSG-GAS
	Pelatihan Operator Dan Supervisor Reaktor
	<i>Kegiatan Launching Siwabessy Leadership School</i> Dan Baiquni <i>Learning Center</i>
	Seminar Nasional Teknologi Dan Aplikasi Reaktor Nuklir Ujian Requalifikasi Operator Dan Supervisor Reaktor
	<i>Workshop On Performance Testing</i>
	<i>Kegiatan ANSN Annual Meeting And Regional Advisory Safety Committee For Research Reactor In Asia Pasific (Rascap)</i>
	<i>Sharing Knowledge</i> tentang Keselamatan Operasi RSG GAS
	<i>Sharing Knowledge</i> tentang Produksi Iridium Industri
	<i>Sharing Knowledge</i> dengan judul Pengelolaan Kolam Reaktor

Sebagai salah satu bentuk diseminasi informasi kepada masyarakat RSG-GAS menerima kunjungan dari luar seperti dari perguruan tinggi, dan instansi Negara maupun swasta. Pada tahun 2016 RSG-GAS menerima kunjungan UI, Sekolah Staf dan Komando Mabes AD, Kementerian KUMHAM, BPK, ITS, Metro TV,

Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi (ATRO), Himpenindo, dll. Tabel 36 menyajikan rincian jumlah pengunjung RSG-GAS tahun 2010-2015.

Tabel 36. Jumlah Pengunjung RSG-GAS Tahun 2010-2015

No	Tahun	Jumlah Pengunjung
1	2010	3255 orang
2	2011	3920 orang
3	2012	3638 orang
4	2013	4125 orang
5	2014	3589 orang
6	2015	3166 orang

III.3.2. Pemanfaatan Litbang

Berdasarkan tugas dan fungsi Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) selaku operator RSG-GAS, PRSG tidak melakukan kegiatan litbang. Akan tetapi peran RSG-GAS sangat strategis dalam mendukung kegiatan litbang yang dilakukan oleh unit kerja BATAN lainnya. Kegiatan litbang tersebut diantaranya adalah kegiatan pembuatan radioisotop dan radiofarmaka oleh Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR), kegiatan Analisis Aktivasi Neutron oleh Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, kegiatan litbang teknologi keselamatan reaktor oleh Pusat Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN), kegiatan litbang bahan perunut di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), dan kegiatan litbang uji elemen bahan bakar nuklir oleh Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Dengan dukungan secara tidak langsung tersebut, RSG-GAS ikut berkontribusi dalam pencapaian keberhasilan penelitian diantaranya berupa publikasi ilmiah yang dihasilkan oleh unit kerja terkait. Kapasitas RSG-GAS yang cukup besar seharusnya dapat lebih dimanfaatkan oleh unit kerja yang terkait sehingga output yang dihasilkan bisa lebih ditingkatkan dan operasi RSG-GAS bisa lebih optimal.

Publikasi ilmiah yang dihasilkan dari kegiatan operasi reaktor pada tahun 2013 sebanyak 48 yang terdiri dari 15 jurnal nasional belum terakreditasi dan 33 prosiding pertemuan ilmiah. Pada tahun 2014 jumlah publikasi yang dihasilkan sebanyak 43 yang terdiri dari 1 jurnal internasional, 15 jurnal nasional belum terakreditasi dan 27 prosiding pertemuan ilmiah. Sedangkan pada tahun 2015 jumlah publikasi yang dihasilkan sebanyak 44 yang terdiri dari 1 jurnal nasional

terakreditasi, 12 jurnal nasional belum terakreditasi, 31 prosiding seminar nasional.

III.3.3. Layanan PNBP

RSG-GAS memiliki layanan berbayar melalui PNBP berupa layanan jasa iradiasi dan penjualan produk. Layanan tersebut yaitu:

- Layanan Jasa Iradiasi Neutron di RSG-GAS terbagi menjadi 5 fasilitas berdasarkan posisi iradiasi yaitu Posisi Pusat Teras (CIP), Posisi Dalam Teras (IP), *Beam Tube S1*, *Rabbit System* (RS), Posisi Luar Teras
- Syarat bahan yang akan diiradiasi:
- Bukan merupakan bahan eksplosif
 - Bukan merupakan bahan korosif
 - Bukan merupakan bahan beracun
 - Bukan gas H₂
 - Bukan merupakan asam kuat
- Jasa Iradiasi Batu Topaz. Layanan ini dibagi berdasarkan posisi iradiasinya yaitu Posisi (IP), Posisi Luar Teras. Bagi perusahaan pengguna jasa iradiasi topaz terlebih dahulu harus mempunyai izin pengelolaan bahan radioaktif dari BAPETEN.
 - Penjualan Air Bebas Mineral.

Dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2014 kegiatan PNBP hanya berasal dari layanan jasa iradiasi, sedangkan tahun 2015 sampai dengan sekarang kegiatan PNBP berasal dari layanan jasa iradiasi dan penjualan produk. Realisasi penerimaan PNBP tahun 2015 merupakan penggabungan dari penerimaan layanan iradiasi (Rp2.247 miliar) dan penjualan produk (Rp79,6 juta).

Penggunaan dan Penerimaan PNBP dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 disajikan pada Tabel 37.

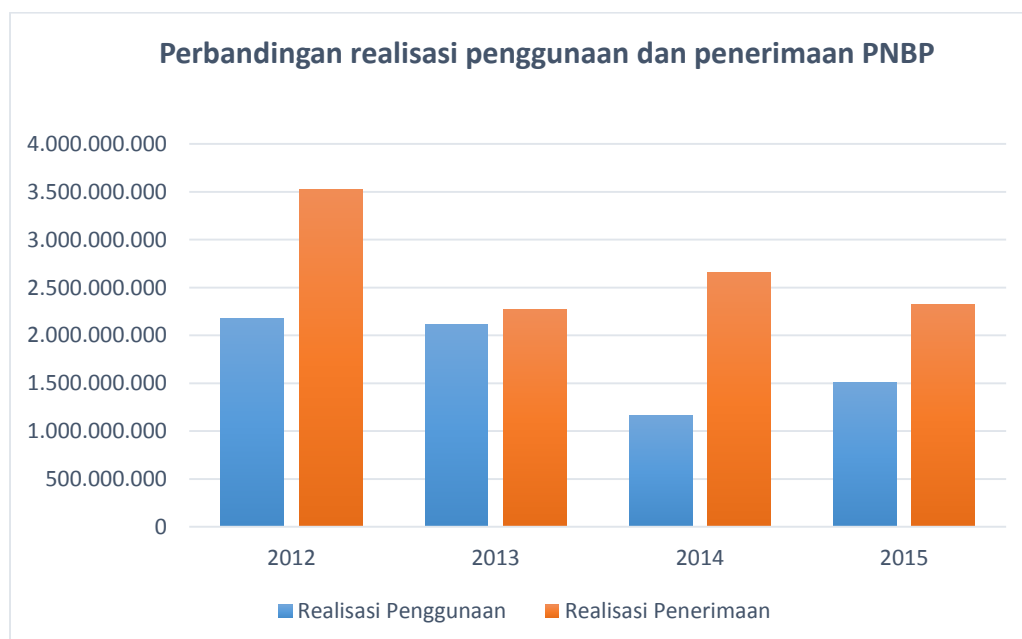
Tabel 37. Perbandingan Anggaran Penggunaan dan Penerimaan PNBP

Tahun	Penggunaan (Rp)			Penerimaan (Rp)		
	Target	Realisasi	Persentase	Target	Realisasi	Persentase

2012	2.551.196.000	2.175.641.000	85,28	2.690.000.000	3.520.885.000	130,89
2013	2.551.196.000	2.114.152.000	82,87	2.690.000.000	2.269.172.325	84,36
2014	3.070.445.000	1.166.404.000	37,99	3.237.500.000	2.652.493.242	81,93
2015	3.070.445.000	1.505.315.300	49,03	3.237.500.000	2.326.876.446	71,87

Sedangkan perbandingan realisasi penggunaan dan penerimaan PNBP dari tahun 2012 – 2016 disajikan pada Gambar 17. Gambar tersebut menunjukkan bahwa realisasi penerimaan tiap tahun selalu melebihi realisasi penggunaan. Diharapkan untuk tahun-tahun yang akan datang layanan jasa iradiasi dan penjualan produk bisa lebih banyak lagi sehingga realisasi penerimaan akan lebih meningkat lagi.

Selain menghasilkan PNBP di PRSG, RSG-GAS juga berkontribusi dalam kegiatan layanan jasa PNBP yang dilakukan oleh PSTBM dalam hal ini untuk jasa layanan Analisis Aktivasi Neutron.

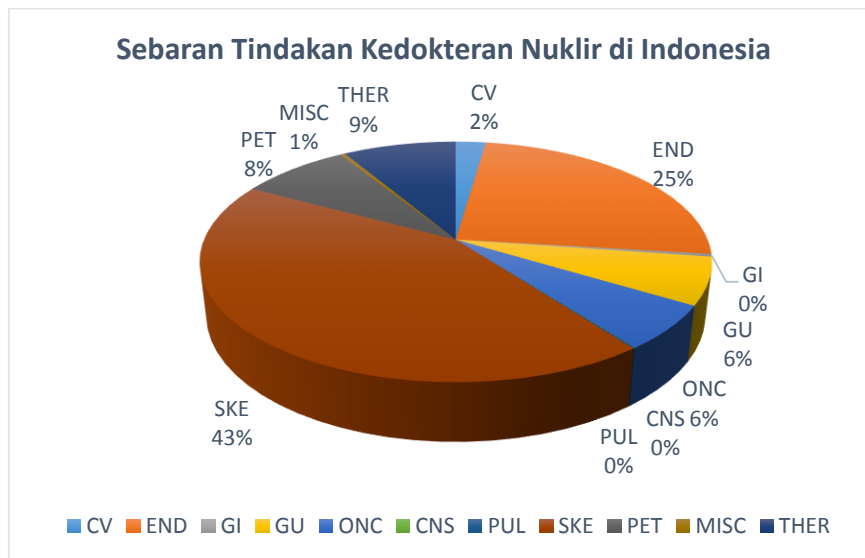


Gambar 17. Perbandingan Realisasi Penggunaan dan Penerimaan PNBP

III.4. Potensi Eksternal

Produk radiofarmaka merupakan produk unggulan dari operasi reaktor. Berdasarkan data studi Fisika Medis dan Biofisika-Universitas Indonesia tahun 2016, di Indonesia saat ini terdapat 9 pusat kedokteran nuklir yang melayani masyarakat dan berpotensi menjadi konsumen produk radiofarmaka yang dapat

diproduksi oleh reaktor riset BATAN. Dari 9 pusat kedokteran nuklir tersebut, tercatat 7 diantaranya masih aktif. Tindakan medis paling dominan yang dilakukan di ke-7 pusat layanan tersebut adalah pemindaian tulang, dilanjutkan diagnose tiroid (endokrin) dan prosedur terapi. Ditinjau dari jenis radiofarmaka, produk Tc-99m menjadi jenis radiofarmaka yang paling tinggi permintaannya pada tahun 2015, diikuti permintaan I-131, I-123 dan I-125.



Gambar 18. Sebaran Tindakan Kedokteran di Indonesia

Tabel 38. Penggunaan Radioisotop dan Radiofarmaka Berdasarkan Jenis Tindakan Kedokteran

Jenis Tindakan	Isotop + Farmaka
CV - Cardiovascular Procedures	Tc-99m MIBI
END - Endocrine Procedures	<ul style="list-style-type: none"> I-123 (tiroid) Tc-99m nanocoloid (getah bening)
GI - Gastrointestinal Procedures	Tc-99m sulfur colloid
GU - Genito-urinary Procedures	Tc-99m DTPA
ONC - Oncology Procedures	
CNS - Central Nervous System Procedures	
PUL - Pulmonary Procedures	Tc-99m pulmonate
SKE - Skeletal Procedures	Tc-99m MDP
PET - PET & PET-CT Procedures	<ul style="list-style-type: none"> Tc-99m I-123, TI-201 Ga-67 C-11 F-18 Rb-82 N-13
MISC - Miscellaneous Procedures	

Berdasarkan grafik sebaran tindakan diatas terlihat bahwa radiofarmaka paling banyak dimanfaatkan untuk tindakan *Skeletal Procedure (SKE)* yang menggunakan isotop Tc-99m MDP. Tc-99m MDP ini mengambil porsi 43% pasar radiofarmaka yang dibutuhkan pasar Indonesia. Potensi pasar kedua terbesar adalah tindakan *Endocrine Procedure (END)* yang menggunakan dua jenis isotop yaitu I-131 untuk kasus tiroid dan Tc-99m untuk kasus getah bening (*nanocoloid*).

Berdasarkan data statistik pembelian radiofarmaka di ketujuh pusat layanan tersebut lebih dari 90% sediaan radiofarmaka dipenuhi produsen luar negeri dengan dominasi dari Pol Atom dan ANSTO. Potensi pasar penyediaan radiofarmaka sangat terbuka mengingat faktor transportasi dan distribusi produksi dalam negeri akan membuat harga jual produk radiofarmaka dapat bersaing dengan produk luar negeri. Namun suplai radiofarmaka perlu ditingkatkan stabilitas penyediaannya yang tidak hanya berkaitan dengan kualitas produksi dan operasi reaktor riset, juga berkaitan dengan manajemen operasi PT. INUKI sebagai mitra produksi.

Tabel 39. Potensi Ekspansi Pasar Regional

Negara	Pusat Layanan KN	Pusat Layanan KN Aktif per 2015	Jumlah Tindakan Medis per Tahun
Indonesia	9	7	13,442
Malaysia	8	8	13,729
Myanmar	7	4	12,948
Philippines	28	27	46,323
Singapore	1	<i>(tidak ada data)</i>	<i>(tidak ada data)</i>
Thailand	13	12	66,661
Viet Nam	17	13	36,834
Total	83	71	189,937

Berdasarkan data statistik Universitas Indonesia tahun 2015, tiga negara yang paling potensial menjadi pasar produk radiofarmaka di ASEAN adalah Filipina, Thailand dan Vietnam dengan total kebutuhan mencapai 12 kali lipat dari kebutuhan radiofarmaka nasional. Data ini menunjukkan ketiga negara tersebut merupakan pasar potensial yang perlu disasar jika kebutuhan radiofarmaka

nasional telah terpenuhi. Kompetitor utama pemenuhan kebutuhan produk radiofarmaka di ketiga negara ini adalah Pol Atom yang menyediakan hingga 93% produk radiofarmaka.

Potensi ekspansi pasar tingkat regional ASEAN sangat terbuka, khususnya di Filipina yang secara resmi telah membuka pembicaraan kepada BATAN untuk melakukan kerjasama pemenuhan produk radiofarmaka di negara tersebut, namun perlu untuk didorong komunikasi komersial yang dilakukan oleh PT. INUKI.

III.5. Pengguna Potensial

PSTNT telah melakukan pendataan terhadap calon pengguna potensial Reaktor TRIGA 2000 dan sampai saat ini terdapat 1 lembaga, 3 rumah sakit, 7 pihak industri dan 8 universitas dilengkapi dengan kontak pribadi dari masing-masing calon pengguna. Saat ini sudah ada 4 calon pengguna yang sudah mengkonfirmasi untuk memanfaatkan reaktor yaitu Rumah Sakit Hasan Sadikin, PT.Timah, PT. INUKI, dan ITB. Tabel 40 menunjukkan data calon pengguna untuk pemanfaatan Reaktor TRIGA 2000.

Tabel 40. Pengguna Potensial Reaktor TRIGA 2000

No.	Lembaga/ Instansi/ Perusahaan	Fasilitas/Produk yang Diperlukan	Kapasitas/ Kuantitas per Tahun	Penggunaan
1.	KLH	• XRF	750 sampel	Pemantauan kualitas udara ambien terkait dengan parameter logam berat
		• NAA	750 sampel	
2.	Pend. Kimia UPI	• Pelatihan Reaktor Nuklir	1 kali	Menjamin pemakaian reaktor
		• Kunjungan	20 orang	Meningkatkan pengetahuan
		• Analisis Unsur	1	Kuantifikasi unsur kimia
		• Produksi Radioisotop	1	Produksi berbagai jenis radioisotop
3.	Pend. Biologi UPI	• Fasilitas untuk pengukuran hormon dan kandungan unsur terkait penelitian dan pengajaran	2	
		• Pembentukan mutan/kultivar baru anggrek hasil iradiasi	2	
		• Kujungan belajar mahasiswa	3	
		• Iradiasi untuk pemuliaan tanaman dan hewan dalam penelitian	2	
		• Efek-efek iradiasi untuk penelitian pada mamalia dan counter efek	2	
		• Analisis kandungan unsur dalam suatu lingkungan tercemar	2	
4.	FPMIPA UPI	• Prosentase unsur yang terkandung dalam bahan		Pengujian material, karkteristik bahan, cacat kristal
		• Fasilitas iradiasi neutron cepat		Efek radiasi neutron pada bahan
		• Fasilitas praktikum Fisika Inti	Min 2X/thn	Praktikum Mahasiswa
5.	FTMD ITB	• Reaktor	1 batch	Penelitian S2 dan S3 Nuklir
		• Penukar panas plate	30 batch	Praktikum S1 T. Mesin
		• Cooling Tower	30 batch	Praktikum S1 T. Mesin
		• Pasilitas Pengujian Subbuluh	1 batch	Penelitian S2 dan S3 Nuklir
6.	Sekolah Farmasi ITB	• Keja sama Pendidikan dan Pelatihan		Mahasiswa S1, S2 & S3
		• Penelitian radionuklida ^{99m}Tc , ^{186}Re , I		Penelitian staf pengajar/dosen
		• Sterilisasi		
		• Analisis unsur/senyawa		
7.	F.Pertanian Unpad	• Radioisotop N P K	1	Penelitian Efisiensi Pemupukan
		• USIF	1	Pemuliaan tanaman
8.	FMIPA UNPAD	• AAN	12 sample (144 unsur)	Jasa analisis/AMDAL

		• Radioisotop	$^{131}\text{I} = 5\text{Ci}$, $^{99\text{m}}\text{Tc} = 5\text{Ci}$, $^{47}\text{Sc} = 5\text{Ci}$, $^{47}\text{T} = 5\text{Ci}$	Pengolahan limbah textile
		• Radioisotop : Lantanida	500 Ci	Penelitian
9.	RSHS	• Pelatihan/Pendidikan Spesialis KN	2X/tahun	
		• I-131	50 Ci/tahun	Diagnostik dan terapi
		• P-32		Pengembangan terapi
		• Yt-90		Pengembangan terapi
		• Ho-166		Pengembangan terapi
10.	ITENAS	• Radiografi		Uji Material
		• Heat Exchanger		Studi Perpindahan Panas
11.	PT. BATAN TEKNOLOGI	• Produksi radiofarmaka I-131	15 Ci/minggu	Kedokteran Nuklir
		• Produksi radioisotop	100 Ci/minggu	Kedokteran Nuklir
12.	PT INDONESIA TEIJIN DOPONT	• Radioisotop Pm-147	500 mCi/5 tahun	Mengukur ketebalan
		• Radioisotop Kr-85	1000 mCi/10 tahun	Mengukur ketebalan
13.	PT. Indah Kiat	• Pembangkit Listrik	100 MW	Kebutuhan Masyarakat
		• Riset & Development	Triwulan	Kebutuhan Pertanian
		• Workshop	Triwulan	Industri & Rumah Sakit
		• Workshop/Drill	1x	SDM
		• Pembangkit Listrik		Kecukupan energi listrik
14.	RS DR SARDJITO	• Generator Tc-99m	12 unit/ 2,448 Ci	Pelayanan diagnosa
		• Hippuran I-131	400 mCi	Deteksi fungsi ginjal
		• Na I-131 Oral	20,5 Ci	Terapi kanker thyroid dan terapi hyperthyroid
		• KIT Radiofarmaka		Diagnosa
		• HIDA, HETSPA, SM153 EDTMP, MDP, PITAT		Scan
15.	PT. ARGHA KARYA PRIMA			
16.	PT. Polychem Indonesia			
17.	PT. NDT INSTRUMENTS INDONESIA			
18.	RSCM			
19.	PT. Pelita Cengkareng Paper Tbk			

Tabel 41 menunjukkan pengguna potensial dari Reaktor TRIGA untuk diklat, litbang dan teknik AAN

Tabel 41. Pengguna Potensial Reaktor Kartini

No	Bidang	Pemangku Kepentingan	Kegiatan	Sifat
1	Pendidikan dan Pelatihan	PDL	Workshop, Coaching, Diklat, Nuclear School, Nuclear Basic Profesional Training	Terencana

No	Bidang	Pemangku Kepentingan	Kegiatan	Sifat
			<i>Course, Reactor Engineering & Safety, IRL</i>	
		UGM, STTN, UNS, UIN	Praktikum (<i>group max 20 orang</i>)	Reguler permohonan (1x-2x/tahun)
		Perguruan tinggi di sekitar Yogyakarta, Solo, Semarang, Purwokerto dan Gombong.	<i>Nuclear school</i> , tugas akhir, kursus, IRL	Permohonan
		Regional (Asia-Pasifik termasuk berbagai provinsi di Indonesia)	<i>Nuclear school</i> , IRL	Permohonan
2.	Penelitian dan Pengembangan	BATAN	BNCT, NTC, I&C, Jaminan mutu, teknologi proses, teknologi keselamatan reaktor dan radiasi	Terencana
		Perguruan tinggi	Tugas akhir mahasiswa	Permohonan
		Badan Geologi dan Survey	Analisis batuan	Kerja sama untuk litbang
3.	AAN	PT. ANTAM	Sampel eksplorasi tambang	Terencana
		Peneliti	CRM untuk sampel geologi	Reguler permohonan (1x-2x/tahun)
		Peneliti	k0 untuk AAN	Permohonan
		Peneliti	Teknologi proses Zirconium grade nuklir	Permohonan
		Peneliti	DNC untuk konsentrat U/Th dalam abu terbang batubara dari PLTU berbahan bakar Batu bara	Terencana
		BAPEDAL	Analisis limbah padat dan air laut di daerah Yogyakarta	Reguler permohonan (1x-2x/tahun)

Pengguna potensial RSG-GAS disajikan pada Tabel 42.

Tabel 42. Pengguna Potensial RSG-GAS Tahun 2010-2016

Tahun	Kegiatan	Instansi	
		Internal BATAN	Eksternal
2010	a. Produksi isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	PT INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	PSTBM	Univ, Luar Negeri
	d. Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Melis

Tahun	Kegiatan	Instansi	
		Internal BATAN	Eksternal
2011	a. Produksi Isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	PT INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	PSTBM	Univ Luar Negeri
	d. Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Melis
2012	a. Produksi Isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	PT INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	-	Univ, Luar Negeri
	d. Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Melis
2013	a. Produksi Isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	-	Univ, Luar Negeri
	d. Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Melis
	e. Eksperimen Dengan Daya Berundak	PRSG, PTBBN	-
2014	a. Produksi Isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	PT INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	-	Univ, Luar Negeri
	d. Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Melis
	e. Eksperimen Dengan Daya Berundak	PRSG, PTBBN	-
	f. Eksperimen Doping Silikon	PRSG	-
2015	a. Produksi Isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	-	Univ, Luar Negeri
	d. Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Meelis
	e. Eksperimen Dengan Daya Berundak	PRSG, PTBBN	-
	f. Eksperimen Doping Silikon	PRSG	-
2016	a. Produksi Isotop	PRSG, PSTNT, PUSDIKLAT, PAIR, PTRR, PTKMR	INUKI
	b. Eksperimen Tabung berkas Neutron	PSTBM	Masyarakat
	c. Analisis Aktivasi Neutron	-	Univ, Luar Negeri

Tahun	Kegiatan	Instansi	
		Internal BATAN	Eksternal
	d.Pewarnaan Batu Topaz	-	Gunter Meelis
	e. Eksperimen Dengan Daya Berundak	PRSG,PTBBN	-
	f. Eksperimen Doping Silikon	PRSG	-

Pengguna potensial dari masing-masing reaktor tersebut dapat dijadikan acuan bagi BATAN untuk meningkatkan kerjasama penelitian maupun layanan PNBPN.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisis

Dari uraian diatas dapat diidentifikasi potensi dan permasalahan yang dihadapi dalam meningkatkan pemanfaatan reaktor riset BATAN.

IV.1.1 Potensi

Beberapa potensi yang ada dalam peningkatan pemanfaatan reaktor riset adalah:

- BATAN merupakan satu-satunya instansi yang memiliki reaktor riset di Indonesia.
- RSG-GAS BATAN merupakan reaktor riset terbesar di Asia Tenggara.
- Pengguna potensial untuk reaktor riset yang cukup banyak (Perguruan Tinggi, industri, masyarakat, rumah sakit, lembaga ltbang).
- Reaktor riset BATAN memiliki kemampuan memproduksi radioisotop/ radiofarmaka.
- Kebutuhan radioisotop/radiofarmaka yang cukup tinggi di Indonesia dan luar negeri.
- Telah dilakukan peninjauan kerja sama pemenuhan produk radiofarmaka di tingkat regional, seperti Filipina.
- Peluang peningkatan target PNBPN BATAN melalui peningkatan pemanfaatan reaktor riset.
- BATAN telah membuktikan operasi reaktor yang selamat selama lebih dari 50 tahun.
- BATAN telah menunjukkan kemampuan untuk mengatasi kebutuhan penggantian batang kendali Reaktor TRIGA 2000 dengan kemampuan diri sendiri.
- BATAN memiliki SDM yang cukup berpengalaman untuk mendukung konversi bahan bakar Reaktor TRIGA.
- Keberhasilan konversi bahan bakar TRIGA menjadi tipe pelat akan menjadikan BATAN sebagai pusat acuan bagi pengembangan reaktor TRIGA di seluruh dunia yang masih beroperasi saat ini.
- BATAN telah banyak menghasilkan publikasi ilmiah terkait reaktor riset.

- Peningkatan publikasi ilmiah terkait operasi reaktor riset oleh para peneliti akan memperkuat status BATAN sebagai lembaga riset.
- BATAN memiliki reaktor riset yang dapat dimanfaatkan untuk pendidikan/praktikum jarak jauh (metode IRL).
- Banyak Perguruan Tinggi yang membutuhkan fasilitas penelitian pendidikan fisika reaktor.

IV.1.2. Permasalahan

Permasalahan yang dihadapi reaktor riset BATAN berdasarkan uraian yang telah disebutkan pada bagian sebelumnya adalah:

- Reaktor riset membutuhkan SDM litbang reaktor.
- Beberapa fasilitas reaktor belum dimanfaatkan secara optimal.
- Belum ada mekanisme pembayaran terhadap layanan praktikum mahasiswa.
- Sosialisasi dan promosi terhadap pemanfaatan reaktor riset kepada pengguna potensial/*stakeholder* belum maksimal Beroperasinya kembali Reaktor TRIGA 2000 belum meningkatkan penerimaan PNBPN dan kegiatan litbang.
- Kegiatan IRL belum beroperasi secara *online* karena tidak ada dukungan server.
- Sosialisasi IRL ke perguruan tinggi belum maksimal.
- Belum dilakukan kerja sama IRL dengan IAEA.
- BATAN belum melakukan pendekatan lebih lanjut terhadap pengguna potensial reaktor riset.
- Pemanfaatan jam operasi RSG-GAS oleh unit kerja pengguna layanan belum optimal.
- Perka BAPETEN Nomor 6 Tahun 2013 tentang Izin Bekerja Petugas Instalasi dan Bahan Nuklir pasal 36 ayat 3 menyebutkan petugas IBN yang memiliki Izin Bekerja lebih dari 1 (satu) hanya dapat diperpanjang salah satu Izin Bekerjanya setelah jangka waktu Izin Bekerjanya berakhir. Dengan demikian pemegang SIB hanya boleh bekerja pada satu keahlian pada operasi reaktor. Hal ini akan menjadi kendala dalam pemenuhan SDM yang memiliki SIB karena saat ini masih ada pekerjaan yang dirangkap oleh satu

- orang, sedangkan untuk mendapatkan SIB, seseorang harus bekerja magang minimal selama 2 tahun terlebih dahulu sebelum mengajukan SIB.
- Peraturan perundangan yang berlaku saat ini belum mengakomodasi komersialisasi produk reaktor riset BATAN.
 - Potensi produksi reaktor riset belum sesuai dengan permintaan pasar.
 - Terdapat kompetitor dalam pemenuhan kebutuhan radiofarmaka seperti Pol Atom yang menyediakan hingga 93% produk radiofarmaka.
 - Korea Selatan juga sedang mengembangkan metode IRL dalam pemanfaatan reaktor riset.

Berdasarkan gambaran potensi dan permasalahan yang dihadapi, dapat diidentifikasi faktor internal maupun eksternal. Faktor internal terdiri dari kekuatan (*strength*) dan kelemahan (*weakness*), dan faktor eksternal terdiri dari peluang (*opportunity*) dan ancaman (*threat*). Hasil identifikasi disajikan pada Tabel 43.

Tabel 43. Analisis SWOT

ANALISIS SWOT	
Faktor Internal	
Strength	1. BATAN merupakan satu-satunya instansi yang memiliki reaktor riset di Indonesia
	2. RSG-GAS BATAN merupakan reaktor riset terbesar di Asia Tenggara
	3. Reaktor riset BATAN memiliki kemampuan memproduksi radioisotop/radiofarmaka
	4. BATAN telah membuktikan operasi reaktor yang selamat selama lebih dari 50 tahun
	5. BATAN telah menunjukkan kemampuan untuk mengatasi kebutuhan penggantian batang kendali Reaktor TRIGA 2000 dengan kemampuan diri sendiri
	6. BATAN memiliki SDM yang cukup berpengalaman untuk mendukung konversi bahan bakar reaktor TRIGA
	7. BATAN telah banyak menghasilkan publikasi ilmiah terkait reaktor riset

	8. BATAN memiliki reaktor riset yang dapat dimanfaatkan untuk pendidikan/praktikum jarak jauh (metode IRL)
Weakness	1. Reaktor riset membutuhkan SDM litbang reaktor
	2. SDM yang kompeten di bidang reaktor banyak memasuki usia pensiun
	3. Jumlah SDM yang mengoperasikan reaktor saat ini belum ideal
	4. Anggaran yang terbatas menyebabkan ada kegiatan revitalisasi yang tidak dilaksanakan
	5. Fasilitas yang sudah menua/ <i>ageing</i>
	6. Pemanfaatan reaktor riset untuk produksi radioisotop/radiofarmaka belum maksimal
	7. Pemanfaatan reaktor riset untuk penelitian belum maksimal
	8. Sosialisasi dan promosi terhadap pemanfaatan reaktor riset kepada pengguna potensial/ <i>stakeholder</i> belum maksimal
	9. Pemanfaatan jam operasi reaktor riset terutama RSG GAS oleh unit kerja lain belum optimal
	10. Kegiatan IRL belum beroperasi secara online karena tidak ada dukungan server. Sosialisasi IRL ke perguruan tinggi belum maksimal. Belum dilakukan kerja sama IRL dengan IAEA.
	11. BATAN belum melakukan pendekatan lebih lanjut terhadap pengguna potensial reaktor riset
Faktor Eksternal	
Opportunity	1. Kebutuhan radioisotop/radiofarmaka yang cukup tinggi di Indonesia dan luar negeri
	2. Pengguna potensial untuk reaktor riset yang cukup banyak (Perguruan Tinggi, industri, masyarakat, rumah sakit, lembaga litbang)
	3. Peluang peningkatan target PNBPN BATAN melalui peningkatan pemanfaatan reaktor riset

	4. Keberhasilan konversi bahan bakar TRIGA menjadi tipe pelat akan menjadikan BATAN sebagai pusat acuan bagi pengembangan reaktor TRIGA di seluruh dunia yang masih beroperasi saat ini
	5. Peningkatan publikasi ilmiah terkait operasi reaktor riset oleh para peneliti akan memperkuat status BATAN sebagai lembaga riset
Threat	1. Produsen bahan bakar reaktor TRIGA sudah berhenti
	2. Bahan bakar RSG GAS tergantung kepada PT. INUKI dimana terkadang produksinya terkendala izin operasi
	3. Pelanggan RSG GAS untuk produksi radioisotop/ radiofarmaka hanya terbatas PT. INUKI
	4. Perka BAPETEN Nomor 6 Tahun 2013 tentang Izin Bekerja Petugas Instalasi dan Bahan Nuklir pasal 36 ayat 3
	5. Peraturan perundangan yang berlaku saat ini belum mengakomodasi komersialisasi produk reaktor riset BATAN.
	6. Terdapat kompetitor dalam pemenuhan kebutuhan radiofarmaka seperti Pol Atom yang menyediakan hingga 93% produk radiofarmaka
	7. Korea Selatan juga sedang mengembangkan metode IRL

IV.2. Pembahasan

IV.2. 1. Faktor Internal

a. Kekuatan (*strength*)

BATAN memiliki beberapa kekuatan sebagai modal dalam meningkatkan pemanfaatan reaktor riset. Dari beberapa kekuatan yang telah diidentifikasi, 4 kekuatan yang perlu ditindak lanjuti adalah:

1. Reaktor riset BATAN memiliki kemampuan memproduksi radioisotop/ radiofarmaka.

2. BATAN telah menunjukkan kemampuan untuk mengatasi kebutuhan penggantian batang kendali dan konversi bahan bakar Reaktor TRIGA 2000 dengan kemampuan diri sendiri.
3. BATAN memiliki reaktor riset yang dimanfaatkan untuk pendidikan/praktikum (metode IRL).
4. BATAN telah memiliki data pengguna potensial pemanfaatan reaktor riset.

b. Kelemahan (*weakness*)

Dalam upaya peningkatan pemanfaatan reaktor riset, BATAN memiliki kelemahan-kelemahan. Diantara kelemahan yang telah teridentifikasi, 5 kelemahan perlu diperbaiki:

1. Sosialisasi dan promosi terhadap pemanfaatan reaktor riset kepada pengguna potensial/*stakeholder* belum maksimal.
2. BATAN belum melakukan pendekatan lebih lanjut terhadap pengguna potensial reaktor riset.
3. Pemanfaatan reaktor riset untuk produksi radioisotop/radiofarmaka belum maksimal.
4. Belum dilakukan kerja sama IRL dengan IAEA.
5. Reaktor riset membutuhkan SDM litbang reaktor.

IV.2.2. Faktor Eksternal

a. Peluang (*Opportunity*)

Tiga (3) peluang potensial diantara beberapa peluang yang perlu ditangkap dalam meningkatkan pemanfaatan reaktor riset adalah:

1. Kebutuhan radioisotop/radiofarmaka yang cukup tinggi di Indonesia dan luar negeri.
2. Pengguna potensial untuk reaktor riset yang cukup banyak (Perguruan Tinggi, industri, masyarakat, rumah sakit, lembaga litbang).
3. Peluang peningkatan target PNBPN BATAN melalui peningkatan pemanfaatan reaktor riset.
4. Peningkatan publikasi ilmiah terkait operasi reaktor riset oleh para peneliti akan memperkuat status BATAN sebagai lembaga riset.

b. Ancaman (*Threat*)

Kegiatan peningkatan pemanfaatan reaktor riset memiliki kendala yang dapat mengancam kegiatan tersebut. Diantara ancaman yang telah diidentifikasi, 3 ancaman yang sangat urgen untuk ditanggulangi adalah:

1. Operasi RSG-GAS sangat bergantung pada PT. INUKI.
2. Peraturan perundangan yang berlaku saat ini belum mengakomodasi komersialisasi produk reaktor riset BATAN.
3. Perka BAPETEN Nomor 6 Tahun 2013 tentang Izin Bekerja Petugas Instalasi dan Bahan Nuklir pasal 36 ayat 3.
4. Terdapat kompetitor dalam pemenuhan kebutuhan radiofarmaka seperti Pol Atom yang menyediakan hingga 93% produk radiofarmaka.

BAB V STRATEGI DAN RENCANA TINDAK

V.1. Strategi

Dalam mencapai hasil yang optimal dari peningkatan utilisasi reaktor riset BATAN adalah dengan membuat strategi pencapaian dengan menggunakan 4 (empat) strategi berikut ini:

Strategi SO (*Strength – Opportunity*): Menggunakan kekuatan-kekuatan yang ada untuk menangkap peluang yang ada.

1. Meningkatkan operasi reaktor riset dalam memproduksi radioisotop dan radiofarmaka untuk memenuhi permintaan kebutuhan di dalam dan luar negeri (S1O1).
2. Meningkatkan operasi reaktor riset dalam rangka memenuhi permintaan kebutuhan pengguna potensial baik untuk litbang, diklat dan layanan (S1O2).
3. Mengembangkan mekanisme pembayaran layanan yang tidak diatur dalam PP Tarif dalam bentuk kerja sama (S1O2).

Strategi WO (*Weakness – Opportunity*): Menghilangkan kelemahan-kelemahan yang ada untuk menciptakan kesempatan-kesempatan.

1. Meningkatkan sosialisasi dan promosi terhadap pemanfaatan reaktor riset kepada pengguna potensial dalam rangka memenuhi kebutuhan radioisotop/ radiofarmaka baik pengguna dalam maupun luar negeri (W1O1).
2. Melakukan pendekatan terhadap pengguna potensial dalam rangka memenuhi kebutuhan radioisotop/ radiofarmaka baik pengguna dalam maupun luar negeri (W2O1).
3. Melakukan kerja sama dengan IAEA dalam pengembangan IRL dalam rangka menjaring pengguna potensial diklat (W4O2).

Strategi ST (*Strength – Threat*): Menggunakan kekuatan-kekuatan untuk menghindari dan mengeliminir ancaman-ancaman yang ada.

1. Mencari alternatif mitra komersial untuk pemasaran radioisotop/ radiofarmaka, dan mitra pemasok bahan bakar RSG-GAS (S1T1).

2. Mempertahankan kesinambungan produksi radioisotop/radiofarmaka, kualitas dan harga kompetitif (S1T4).
3. Mempertahankan kerja sama dengan pengguna radioisotop/radiofarmaka yang sudah terjalin (S1T4).

Strategi WT (*Weakness – Threat*): Menghilangkan kelemahan-kelemahan agar menghindari ancaman-ancaman.

1. Meningkatkan sosialisasi dan promosi kepada pengguna produk reaktor riset (W1T4).

Berdasarkan uraian dari strategi yang telah diuraikan diatas dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan strategi optimalisasi utilisasi reaktor riset dalam rangka memenuhi permintaan kebutuhan pengguna potensial baik untuk produksi radioisotop, litbang, diklat dan layanan dengan didukung oleh ketersediaan sumber daya yang memadai (SDM, anggaran, fasilitas, dan teknologi komunikasi). Strategi lain yang harus dilakukan adalah melalui peningkatan kerjasama litbang, sosialisasi dan promosi ke calon pengguna potensial untuk meningkatkan utilisasi reaktor riset.

V.2. Rencana Tindak

Untuk melaksanakan strategi yang telah disebutkan sebelumnya maka perlu rencana tindak yang dilengkapi dengan waktu pelaksanaan dan penanggung jawab. Berikut adalah Tabel 44 yang menyajikan rencana tindak optimalisasi utilisasi reaktor riset.

Tabel 44. Rencana Tindak Optimalisasi Utilisasi Reaktor Riset

No	Uraian	Waktu Pelaksanaan	Penanggung Jawab
1	Mempertahankan operasi reaktor dalam kondisi prima dengan didukung ketersediaan sumber daya yang memadai	2017	PRSG, PSTNT, PSTA, BSDMO, BP, BU
2	Peningkatan kerja sama litbang dengan pengguna eksternal untuk memanfaatkan fasilitas reaktor yang belum dimanfaatkan.	2016 -2017	PSTNT, PRSG, PSTA
3	Mengembangkan mekanisme pembayaran layanan yang tidak diatur dalam PP Tarif dalam bentuk kerja sama	2016	BHHK

No	Uraian	Waktu Pelaksanaan	Penanggung Jawab
4	Sosialisasi dan promosi kepada pengguna potensial reaktor riset	2016	PDK, PSTNT, PRSG, PSTA
5	Melakukan kerja sama dengan IAEA, penyediaan server, dan sosialisasi ke perguruan tinggi untuk mendukung kegiatan pendidikan/praktikum jarak jauh menggunakan metode IRL	2016	PSTA, BHKK, PPIKSN, PDK
7	Survey potensi pasar untuk menjaring pengguna potensial	2016 - 2017	PDK

BAB VI PENUTUP

Buku Putih Utilisasi Reaktor Riset BATAN memuat sumber daya pendukung reaktor riset, potensi pemanfaatan reaktor riset bagi pengguna internal maupun eksternal, potensi eksternal, permasalahan, analisis dan pembahasan, serta menyajikan strategi dan rencana tindak.

Buku Putih ini disusun dengan maksud memberikan informasi kepada *stakeholder* dan pengguna potensial untuk mengetahui potensi pemanfaatan reaktor riset dan sebagai bahan rekomendasi bagi pimpinan dalam membuat kebijakan. Penyusunan Buku Putih ini ditujukan dalam rangka mengoptimalkan pemanfaatan reaktor riset BATAN.

Diharapkan strategi dan rencana tindak yang disajikan dalam buku ini dapat diimplementasikan oleh pihak terkait sehingga tujuan dari penyusunan buku ini dapat tercapai.