

UTILISASI REAKTOR



BAB XI

PEMANFAATAN REAKTOR

A. Fasilitas Eksperimen

A.1. Pendahuluan

Reaktor Kartini merupakan reaktor penelitian yang dilengkapi dengan beberapa fasilitas iradiasi. Penyediaan fasilitas iradiasi tersebut dimaksudkan untuk memanfaatkan reaktor secara optimum melalui berbagai macam eksperimen antara lain eksperimen dengan reaktor, eksperimen instrumentasi reaktor, eksperimen dengan analisis pengaktifan neutron (AAN), eksperimen analisis dengan pengaktifan neutron cepat maupun dengan gamma serentak, eksperimen dengan perangkat subkritik, eksperimen uji tak merusak seperti neutron dan gamma radiography serta eksperimen penanganan pasca panen. Fasilitas eksperimen yang terdapat pada Reaktor Kartini adalah:

A.1.a. Fasilitas di dalam teras reaktor

Terdapat tiga fasilitas iradiasi di dalam teras dengan fluks neutron yang tinggi, yaitu:

- a. *Central thimble* (saat ini tidak terpasang).
- b. *Pneumatic transfer system*.
- c. Rak Putar atau *Lazy Susan*.

Fasilitas *Central thimble* ini berupa tabung yang berdiameter 2,4 cm dan panjang 6 m terbuat dari aluminium.

Fasilitas *Pneumatic transfer system* dari core reaktor sampai dengan bibir tangki berupa pipa aluminium disambung polietilen sampai Ruang Cacah. Kapsul untuk fasilitas ini terbuat dari polietilen dengan ukuran diameter 2,5 cm dan panjang 5 cm.

Rak Putar atau *Lazy Susan* terbuat dari aluminium mempunyai ukuran lubang dengan diameter 31,75 mm dan dalamnya 27,4 cm. Kapsul untuk fasilitas ini mempunyai diameter 2,84 cm berukuran panjang 13,6 cm yang terbuat dari polietilen.

A.1.b. Fasilitas di daerah reflektor

Fasilitas iradiasi di daerah reflektor mempunyai tingkat fluks neutron sedang, kecuali *beam port* tembus. Fasilitas tersebut adalah:

- a. *Beam port* tembus.
- b. *Beam port* tangensial.
- c. *Beam port* radial.
- d. Kolom termal.
- c. Kolom termalisasi.

Bahan yang digunakan untuk fasilitas iradiasi Reaktor Kartini menggunakan bahan-bahan *nuclear grade* yang tahan terhadap pengaruh radiasi neutronik, termal, kimia, dan mekanik sebagaimana seperti yang ditunjukkan pada Gambar XI-1.

A. 1.c. Fasilitas di sekitar reaktor

Dibandingkan dengan fasilitas yang lain, fasilitas iradiasi di sekitar reaktor mempunyai fluks neutron yang paling kecil. Fasilitas tersebut adalah:

- a. Perangkat Sub Kritis.
- b. *Bulk shielding*.

A.1.d. Analisis keselamatan untuk semua fasilitas iradiasi atau eksperimen

Untuk fasilitas iradiasi yang tidak langsung berada di dalam teras reaktor (*Lazy susan*, *beam port* tembus radial, *beam port* tangensial, *beam port* radiografi, *beam port* sub kritis, *beam port* kolom termal dan termalising kolom) maupun fasilitas iradiasi yang langsung di dalam teras reaktor (*central timble* dan pneumatik dan lubang *grade* antar bahan bakar) tidak boleh menggunakan bahan material yang bersifat *fissile* atau dapat belah. Sedangkan untuk fasilitas iradiasi yang tidak langsung di dalam teras dimungkinkan boleh menggunakan bahan *fissile* tetapi harus diperhitungkan pengaruh reaktivitas lebih (*core excess*) akibat dari pembelahan sampel.

A.2 Diskripsi fasilitas eksperimen

1. *Central thimble* atau saluran tengah

Saluran tengah didesain untuk keperluan eksperimen iradiasi di daerah yang mempunyai fluks neutron maksimum. Saluran tengah ini berupa tabung yang berdiameter 2,4 cm dan panjang 6 m. Tabung ini terletak di tengah-tengah tangki reaktor dan memanjang dari atas sampai ke penyangga teras reaktor. Di dasar tabung terdapat 4 buah lubang yang berguna untuk jalan masuk air ke dalam tabung selama operasi reaktor. Ukuran sampel yang dapat masuk berdiameter 1,8 cm dan panjang 5,6 cm. Pendingin fasilitas eksperimen *central thimble* menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

2. *Pneumatic transfer system*

Perangkat *pneumatic transfer system* digunakan untuk eksperimen iradiasi sampel yang menghasilkan radionuklida berumur pendek dan analisis kandungan Uranium dengan metode neutron kasip. Sampel yang akan diiradiasi dapat dimasukkan maupun diambil dari teras reaktor secara otomatis dalam waktu yang sangat singkat. Terminal iradiasinya dimasukkan ke dalam teras reaktor pada salah satu kisi di ring F. Sampel yang akan diiradiasi harus dimasukkan ke dalam suatu kapsul yang berukuran diameter 2,5 cm dan panjang 5 cm. Contoh penggunaan *pneumatic transfer system* ini antara lain adalah untuk analisis penentuan kandungan U^{235} dari suatu bahan berdasarkan adanya neutron kasip yang berumur sangat pendek. Pendingin fasilitas eksperimen *Pneumatic transfer system* menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

3. Rak putar atau *Lazy Susan*

Sebuah fasilitas iradiasi yang mengelilingi teras reaktor terletak dibagian atas perangkat reflektor. Fasilitas ini disebut rak putar (*Rotary specimen rack*). Rak putar terdiri dari 40 lubang tempat iradiasi, dapat digunakan secara bersama-sama dan dapat diputar. Masing-masing lubang (tabung) mempunyai ukuran

diameter 31,75 mm dan dalamnya 27,4 cm. Pemasukan dan pengeluaran sampel dilakukan melalui sebuah tabung pengarah (*Specimen removal tube*) yang dapat diatur dari atas reaktor. Sampel yang dapat diiradiasi dimasukkan ke dalam suatu *container* (tabung ampul) yang berukuran panjang 13,6 cm dan diameter 2,84 cm. Masing-masing lubang di dalam rak putar dapat diisi sampai 2 tabung ampul. Pendingin fasilitas eksperimen Rak putar atau *Lazy Susan* menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

4. *Beam port* tembus

Beam port tembus radial adalah fasilitas iradiasi yang berhubungan dengan teras reaktor. *Beam port* tersebut posisinya pada arah tenggara dari Reaktor Kartini. Fasilitas ini disediakan untuk iradiasi atau eksperimen yang memerlukan fluks neutron atau gamma yang tinggi; dan mempunyai dimensi diameter 20 cm. Ada dua sumbat, pertama adalah sumbat bagian dalam dibuat dari timbal panjang 1,5 m dan yang kedua sumbat luar dari kayu panjang 1 meter. Sumbat dalam dan luar dikeluarkan untuk memperoleh paparan yang tinggi; hal tersebut harus dilakukan pada saat reaktor *shutdown*. Ketika *beam port* tembus radial tanpa sumbat sebuah *beam catcher* harus ditempatkan di belakangnya untuk menahan paparan gamma supaya dosis radiasi di sekeliling *beam port* serendah-mungkin. Dalam fasilitas ini sedang dikembangkan fasilitas radiografi gamma dan akan dikembangkan fasilitas analisis pengaktifan neutron gamma serentak. Pendingin fasilitas eksperimen *Beam port* tembus menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

5. *Beam port* tangensial

Beam port tangensial terletak pada arah timur laut dari Reaktor Kartini. *Beam port* ini didisain untuk fasilitas eksperimen di mana fluks neutron dan gamma paling rendah. Ukuran fasilitas ini sama dengan *beam port* radial tembus. Pendingin fasilitas eksperimen *Beam port* tangensial menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

6. *Beam port* radial

Ada dua *beam port* radial, satu buah pada posisi arah barat dan satunya lagi pada arah barat laut dari Reaktor Kartini. *Beam port* radial arah barat dikopel dengan perangkat subkritik. *Beam port* tersebut digunakan sebagai sumber neutron untuk perangkat subkritik ketika perangkat subkritik dioperasikan. *Beam port* radial arah barat laut digunakan untuk mengembangkan fasilitas radiografi neutron. Pendingin fasilitas eksperimen *Beam port* radial menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

7. Kolom termal

Kolom termal grafit berukuran 1,20 m x 1,20 m, panjang 1,60 m, memanjang dari sisi luar reflektor ke permukaan sebelah dalam pintu penutup (*shielding* radiasi). Pintu penutup ini berisi beton barit dan dapat digerakkan dengan motor yang berjalan di atas rel.

Bagian luar kolom termal ditanamkan ke dalam perisai dan bagian dalam dilepaskan pada tangki reaktor. Sekeliling grafit kolom termal dilapisi dengan boral setebal 3,2 mm dan ditutup dengan plat alumunium setebal 1,27 cm. Lapisan boral berguna untuk meningkatkan tangkapan neutron di sekeliling perisai beton.

Lima buah blok grafit berfungsi sebagai pasak (*stringer foil*) yang dapat digerakkan. Blok di tengah disesuaikan dengan sumbat pasak (*plug stringer*) pada pintu kolom termal. Pasak di tengah dapat dimasukkan dan dikeluarkan tanpa menggerakkan keseluruhan pintu perisai. Fungsi dari kolom termal adalah untuk eksperimen iradiasi dari sampel yang khusus memerlukan radiasi neutron termal. Ukuran sampel yang dapat diiradiasi maksimum 10 cm x 10 cm. Pendingin fasilitas eksperimen Kolom termal menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

8. Kolom termalisasi

Kolom termalisasi adalah fasilitas eksperimen seperti kolom termal, tetapi dimensinya lebih kecil. Kolom termalisasi posisinya pada arah berlawanan dengan termal kolom. Lebarinya masing-masing 61 cm dan tingginya 132 cm. Bagian dalam terdiri dari blok grafit ukuran 10,2 cm X 10,2 cm dan panjang 20,3 cm.

Dinding kolom termalisasi adalah aluminium tebal 1,27 cm, di bagian depannya ditutup dengan aluminium tebal 15 mm, kemudian bagian yang terhubung dengan *bulk shielding* ditutup lagi dengan timbal. Pendingin fasilitas eksperimen *Beam port* kolom termalisasi menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

9. Perangkat subkritik.

Sebuah perangkat reaktor subkritis dikopelkan dengan Reaktor Kartini (Bab V), melalui salah satu tabung berkas neutron (*beam port*), dimana perangkat tersebut diletakkan dalam suatu ruangan perisai beton di depan tabung berkas. Perangkat ini dapat digunakan untuk pengukuran *buckling* efek batang kendali, penentuan susunan yang optimum antara volume Uranium dan H₂O dan pengukuran parameter-parameter lainnya. Pendingin fasilitas eksperimen Perangkat Subkritik menggunakan air pendingin primer yang disirkulasi dengan sistem pendingin primer.

10. Bulk Shielding (untuk eksperimen perisai)

Fasilitas untuk eksperimen perisai (*bulk shielding pool*) terletak pada sisi yang berlawanan dari kolom termal. Kolam air bervolume besar ini mempunyai kedalaman 3,80 m, lebar 2,40 m dan panjang 2,65 m. Tangki (kolam) ini diberi cat epoxy yang tahan terhadap rembesan air dari dalam. *Bulk shielding* tersebut dihubungkan ke teras reaktor melalui lubang kolom termalisasi. Letak dari seluruh fasilitas eksperimen tersebut ditunjukkan pada Gambar XI-1.

Apabila ada penambahan fasilitas eksperimen baru atau modifikasi fasilitas iradiasi yang telah ada, maka harus dibuat desain fasilitas, kajian keselamatan reaktor dan radiologi serta prosedur eksperimen jika eksperimen akan dilakukan di dalam teras reaktor. Untuk fasilitas iradiasi di luar teras harus dibuat desain dan kajian keselamatan radiologi dan prosedur eksperimen. Semua dokumen harus dinilai dan disetujui oleh Panitia Pengawas Keselamatan Instalasi Nuklir (P2KIN). Konstruksi fasilitas iradiasi baru/modifikasi dapat dilaksanakan setelah mendapat persetujuan P2KIN, demikian juga untuk eksperimen baru. Semua kegiatan di atas diatur dalam Prosedur Pengendalian Modifikasi dan Eksperimen

Baru. Pendingin fasilitas eksperimen *Bulk Shielding* menggunakan air pendingin *Bulk Shielding* yang disirkulasi dengan pompa tersendiri.

B. Program Eksperimen

B.1. Pendahuluan

Sub bab ini menyajikan beberapa program eksperimen yang dapat dilakukan dengan menggunakan Reaktor Kartini. Program eksperimen memberikan arah supaya eksperimen dengan reaktor dan fasilitas iradiasi dapat lebih berdaya guna secara optimal dan dengan prosedur yang benar. Untuk fasilitas iradiasi yang tidak langsung berada di dalam teras reaktor (*Lazy susan*, *beam port* tembus radial, *beam port* tangensial, *beam port* radiografi, *beam port* sub kritik, *beam port* kolom termal dan termalising kolom) maupun fasilitas iradiasi yang langsung di dalam teras reaktor (*central timble* dan pneumatik dan lubang grade antar bahan bakar) tidak boleh menggunakan bahan material yang bersifat *fissile* atau dapat belah. Sedangkan untuk fasilitas iradiasi yang tidak langsung di dalam teras dimungkinkan boleh menggunakan bahan *fissile* tetapi harus diperhitungkan pengaruh reaktivitas lebih (*core excess*) akibat dari pembelahan sampel.

Reaktor Kartini adalah reaktor riset jenis TRIGA MARK II dengan desain untuk daya 250 kW. Sebagai reaktor penelitian maka Reaktor Kartini mempunyai beberapa fasilitas iradiasi sebagaimana telah diuraikan sebelumnya. Eksperimen-eksperimen yang dapat dilakukan pada Reaktor Kartini meliputi eksperimen yang berhubungan dengan bidang fisika/teknologi reaktor dan penggunaan reaktor.

Program eksperimen yang berhubungan dengan fisika/teknologi reaktor adalah eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan reaktor. Program eksperimen dengan reaktor adalah eksperimen-eksperimen yang berhubungan dengan studi karakteristik parameter teras reaktor seperti kekritisian, pengukuran distribusi fluks neutron, pengukuran suhu bahan bakar, kalibrasi batang kendali, kalibrasi daya, dan pengukuran waktu jatuh batang kendali.

Eksperimen karakterisasi teras reaktor dapat juga dilakukan dengan menggunakan perangkat subkritik, dengan sumber neutron PuBe maupun dari *beam port* Reaktor Kartini. Program eksperimen dengan memanfaatkan fasilitas iradiasi dilakukan pada *Lazy Suzan*, *central thimble*, *pneumatic transfer system* dan kolom termal berupa eksperimen analisis dengan pengaktipan neutron.

Eksperimen radiografi gamma dan neutron dilakukan pada *beam port* tembus dan radial.

Program eksperimen dalam rangka pengembangan fasilitas iradiasi dan pemanfaatan reaktor dapat dilakukan dengan memodifikasi fasilitas iradiasi yang telah tersedia. Dalam hal eskperimen baru dan memerlukan modifikasi fasilitas eksperimen yang sudah ada, peneliti yang bersangkutan harus membuat kajian keselamatan reaktor jika modifikasi dan eksperimen baru dilakukan di dalam teras reaktor dan cukup membuat kajian keselamatan radiologi jika modifikasi dan eksperimen di luar teras. Dokumen kajian tersebut kemudian dimintakan penilaian dan persetujuan dari P2KIN. P2KIN akan mengacu pada KBO untuk menilai apakah suatu eksperimen dapat dilaksanakan atau tidak. Modifikasi fasilitas dan atau eksperimen baru boleh dilaksanakan setelah mendapat penilaian dan persetujuan dari P2KIN.

Esperimen di dalam teras reaktor dengan memasukkan bahan dapat belah (*fissile material*) dibatasi tidak boleh menyebabkan adanya tambahan reaktivitas melebihi harga margin reaktivitas batang kendali (0,5 % dari total reaktivitas batang kendali).

Ekperimen pemanfaatan reaktor yang belum pernah dilakukan sebelumnya di dalam teras reaktor harus membuat analisis keselamatan operasi reaktor yang disetujui oleh P2KIN. Jika dilakukan pada fasilitas iradiasi di luar teras perlu membuat kajian keselamatan radiologi, untuk menjamin bahwa adanya eksperimen tersebut aman bagi pekerja dan lingkungan.

Modifikasi fasilitas iradiasi dan eksperimen baru dalam pemanfaatan reaktor mengikuti prosedur yang telah ditetapkan. Kegiatan modifikasi dan eksperimen baru apabila:

1. Menyebabkan perubahan terhadap nilai BK.
2. Menyebabkan perubahan terhadap nilai KBO.
3. Menimbulkan pengaruh terhadap sistem yang sangat penting untuk keselamatan.
4. Menyebabkan bahaya yang berbeda sifatnya atau yang kebolehjadiannya lebih besar dari pada yang telah dipertimbang-kan, atau yang secara signifikan

mengurangi margin keselamatan hanya akan dilaksanakan setelah mendapat persetujuan BAPETEN.

B.2. Program eksperimen dengan reaktor

Reaktor Kartini sebagai sarana penelitian dan pendidikan, dimana eksperimen yang dilakukan dengan reaktor adalah bertujuan untuk mempelajari karakteristik parameter teras reaktor.

Berikut ini adalah program-program eksperimen yang dapat dilakukan dengan menggunakan reaktor adalah:

1. Kekritisian.
2. Kalibrasi batang kendali.
3. Pengukuran waktu jatuh batang kendali.
4. Kalibrasi daya reaktor.
5. Pengukuran fluks neutron.
6. Pengukuran suhu bahan bakar reaktor.
7. Pengukuran panas gamma.

B.3. Program eksperimen instrumentasi reaktor

Program eksperimen instrumentasi berupa pengembangan sistem kendali reaktor baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Dalam program eksperimen ini parameter desain sistem instrumentasi tidak boleh dilampaui seperti level trip dan perioda reaktor.

B.4. Program eksperimen dengan fasilitas iradiasi

Program eksperimen yang dikerjakan dengan memanfaatkan fasilitas iradiasi pada Reaktor Kartini disesuaikan dengan jenis fasilitas iradiasi yang ada dan fasilitas pendukungnya.

B.4.a. Program eksperimen dengan analisis pengaktipan neutron (NAA)

Analisis pengaktipan neutron adalah program eksperimen dengan fasilitas iradiasi yang ada di Reaktor Kartini. Program eksperimen ini dapat dilakukan di beberapa fasilitas iradiasi yang tersedia yaitu rak putar (*Lazy Suzan rotary rack*),

pneumatic transfer system, kolom termal dan *beam port*. Untuk fasilitas rak putar tersedia 40 lubang tempat sampel yang dapat diisi dua buah ampul dengan ukuran diameter 2,5 cm dan panjang 15 cm sedangkan untuk *pneumatic transfer system* kapsulnya berukuran diameter 2,5 cm dan panjang 5 cm.

Khusus eksperimen dengan iradiasi sampel pada *pneumatic transfer system* harus diperhatikan efeknya terhadap reaktivitas positif atau negatif teras. Bagi bahan atau sampel yang akan memberi efek reaktivitas positif teras (material dapat belah) maka penambahan reaktivitas lebih teras masih di bawah batas yang diijinkan atau di bawah reaktivitas total batang kendali atau tidak boleh lebih 0,5 % dari margin reaktivitas. Dalam hal ini untuk sampel yang mengandung U-alam, kandungan berat U-alamnya tidak boleh lebih dari 0.01 mg.

Untuk itu maka eksperimen sampel bahan dapat belah terlebih dulu harus dilakukan kajian keselamatan reaktor sesuai dengan dengan Prosedur Pengendalian Modifikasi Fasilitas Iradiasi dan Eksperimen. Untuk bahan yang memberi reaktivitas negatif teras (material penyerap) harus diperhitungkan sehingga reaktivitas lebih teras mampu mengimbangi. Sehingga reaktor dapat dioperasikan pada level daya sesuai dengan yang diinginkan. Hal tersebut dapat diatasi dengan membatasi berat sampel yang akan diiradiasi. Untuk sampel cair harus dikemas dengan rapat dan ampulnya harus kuat sehingga kemungkinan bocornya dapat dihindarkan. Hal itu untuk menghindari adanya kontaminasi pada teras reaktor maupun tempat lain di gedung reaktor. Untuk sampel yang diperkirakan dapat menghasilkan gas saat diiradiasi perlu penanganan ekstra hati-hati.

Bahan-bahan dengan sifat kimia atau secara fisika mempunyai potensi dapat membahayakan komponen dan struktur teras reaktor tidak diperkenankan untuk diiradiasi di dalam teras dan hanya diperkenankan diiradiasi di fasilitas kolom termal, selain itu harus dipersiapkan dengan perlakuan khusus dan harus mendapat ijin dari P2KIN.

B.4.b. Program eksperimen analisis dengan pengaktifan neutron cepat

Salah satu program eksperimen dalam rangka pengembangan fasilitas iradiasi adalah analisis unsur dengan metode pengaktifan neutron cepat. Fasilitas iradiasi

yang memungkinkan untuk digunakan adalah *central thimbel* atau salah satu tempat bahan bakar di teras reaktor. Fasilitas dan program eksperimen ini masih perlu dikaji lebih dulu terutama masalah penambahan atau pengurangan reaktivitas teras akibat adanya sampel yang diiradiasi.

B.4.c. Program eksperimen analisis dengan pengaktifan neutron dengan gamma serentak

Program eksperimen ini merupakan program pengembangan fasilitas iradiasi, dimana pencacahan sampel langsung saat proses iradiasi dilakukan. Fasilitas iradiasi yang memungkinkan dapat dikembangkan adalah *beam port* tembus dimana penyediaan berkas neutron yang diperlukan harus mempunyai paparan sinar gamma rendah, sedangkan fasilitas pendukung program ini adalah sistem spektrometri gamma.

B.4.d. Program eksperimen dengan perangkat subkritik

Program eksperimen karakterisasi parameter reaktor dapat dilakukan dengan perangkat subkritik. Perangkat subkritik terdiri dari tangki dan peralatan penggantung bahan bakar serta bahan bakar U-alam. Bahan bakar hanya dimuatkan ke tangki hanya apabila akan dilakukan eksperimen dan pengisian air ke dalam tangki dilakukan sebelum pemuatan bahan bakar dan diisi setengahnya.

Sumber neutron untuk pengoperasian subkritik dapat diambil dari *beam port* Reaktor Kartini. Program eksperimen yang dapat dilakukan dengan perangkat subkritik antara lain sebagai berikut:

1. Penentuan parameter-parameter material dari sistem U-alam dan air.
2. Pengukuran distribusi fluks neutron aksial dan radial.
3. Penentuan *buckling*.
4. Penentuan faktor perlipatan efektif neutron.
5. Penentuan luas difusi, migrasi dan umur neutron.

Oleh karena saat perangkat subkritik dioperasikan mengalami proses reaksi berantai yang menghasilkan zat radioaktif maka harus dijaga sedemikian rupa sehingga paparan radiasi dari bahan bakar masih di bawah batas yang diijinkan.

B.5. Program eksperimen uji tak merusak

B.5.a. Program eksperimen neutron radiography

Program eksperimen neutron radiography adalah program pengembangan fasilitas uji tak merusak dengan memanfaatkan neutron untuk radiography. Fasilitas neutron radiography yang akan dikembangkan adalah neutron radiography dengan metode *real time*. Fasilitas iradiasi yang akan dimanfaatkan adalah *beam port* radial. Untuk merealisasi program tersebut saat ini telah dibuat *beam catcher* dan akan dibuat suatu ruang fasilitas neutron radiografi. Sumber neutron yang memenuhi syarat untuk keperluan tersebut adalah $10^6 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dengan paparan gamma maksimum 1000 mR/jam.

B.5.b. Program eksperimen gamma radiography

Program eksperimen gamma radiografi adalah salah metode uji tak merusak untuk bahan dengan nomer atom tinggi atau benda-benda massif. Program ini memanfaatkan sinar gamma dari teras reaktor saat reaktor *shut down*. Prinsip prosedur eksperimen ini sama dengan prosedur uji tak merusak dengan sinar X. Fasilitas iradiasi yang digunakan adalah *beam port* tembus (arah tenggara). Eksperimen dilakukan pada hari pertama sampai ketiga setelah reaktor *shut down*. Hal ini dikarenakan paparan sinar gamma pada hari keempat di bawah 500 mR/jam, sehingga efek yang dihasilkan tidak jelas/kabur. Fasilitas pendukung program eksperimen ini adalah *CASSETE* film dan *beam catcher*.

B.6. Program eksperimen penanganan pasca panen

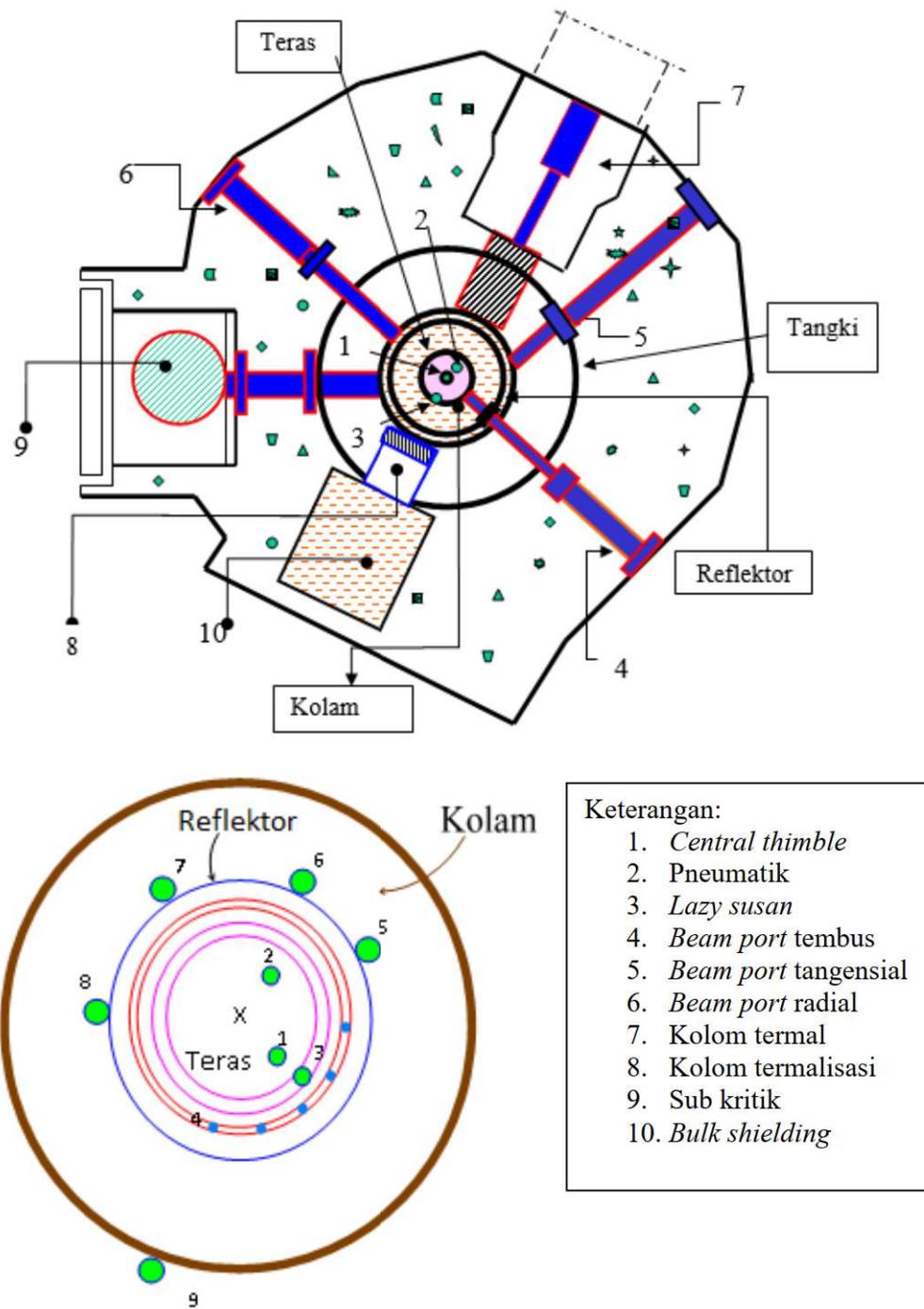
Program eksperimen ini adalah program pengembangan fasilitas iradiasi dengan sinar gamma setelah reaktor *shut down*. Iradiasi ini dilakukan di kolom termal untuk penanganan pasca panen hasil pertanian maupun sterilisasi bahan. Untuk keperluan ini, kolom termal dimodifikasi menjadi fasilitas iradiator gamma dilengkapi dengan instalasi peralatan pendukungnya termasuk perisai radiasi.

Daftar Pustaka

1. LAK (Laporan Analisis Keselamatan) Reaktor Kartini Revisi 7 Tahun 2012. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Yogyakarta.
2. LAK (Laporan Analisis Keselamatan) Reaktor Kartini No. Dok.: 08/BR-LAK/96 Revisi 3. Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta.
3. LAPORAN PENDAHULUAN ANALISIS KESELAMATAN PENINGKATAN DAYA REAKTOR TRIGA MARK II BANDUNG 2000 KW: BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNIK NUKLIR Tahun 2000.
4. Installation, Operation and Maintenance Manual Pneumatic Transfer System for Neutron Activation Analysis; Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta Badan Tenaga Atom Nasional; By INTERTECH Worldwide Corporation Nuclear Products Division, September 1994.

Tabel XI-1. Fasilitas iradiasi Reaktor Kartini.

No	N a m a	Fluks neutron maksimum (ϕ_n /cm ² det)		Keterangan
		ϕ_{fast}	ϕ_{th}	
1	Pneumatik I	$2,5 \times 10^{11}$	$4,781 \times 10$	manual, $t_{trans}=1$ dt
2	Pneumatik II	$2,5 \times 10^{11}$	$4,781 \times 10^{11}$	komputer, $t_{trans}=3$ dt
3	<i>Beam port</i> Radial Tembus	$1,944 \times 10^{11}$	$4,092 \times 10^{11}$	
4	<i>Lazy Susan</i>	$8,793 \times 10^{10}$	$2,536 \times 10^{10}$	Kapasitas 40 bh sample
5	<i>Beam port</i> Tangensial	$1,14 \times 10^9$	$1,482 \times 10^9$	
6	Kolom termal	$1,14 \times 10^9$	$1,482 \times 10^9$	
7	<i>Beam port</i> radial	$1,14 \times 10^9$	$1,482 \times 10^9$	
8	Sub Kritis	$1,14 \times 10^9$	$1,482 \times 10^9$	
9	Kolom termalisasi	$1,14 \times 10^3$	$1,482 \times 10^3$	



Gambar XI-1 Tata letak fasilitas iradiasi