

STUDI AWAL PENGGUNAAN *BEAM TUBE* RSG-GAS UNTUK FASILITAS *BORON NEUTRON CAPTURE THERAPY* (BNCT)

Suroso

ABSTRAK

STUDI AWAL PENGGUNAAN *BEAM TUBE* RSG-GAS UNTUK FASILITAS *BORON NEUTRON CAPTURE THERAPY*. Persyaratan disain fasilitas *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT) diantaranya adalah besarnya fluks neutron epithermal minimal $1,0 \times 10^9$ n/(cm² s). Sumber neutron yang kemungkinan dapat dipergunakan untuk fasilitas BNCT dari 6 *beam tube* yang tersedia di RSG-GAS adalah *beam tube* S-2. Hasil pengukuran besarnya fluks neutron total di depan *beam tube* S-2 sebesar $1,8 \times 10^7$ n/(cm² s). Sehingga dari persyaratan besarnya fluks masih jauh dari batas minimal yang dipersyaratkan jika langsung menggunakan tabung berkas sebagai kolimator, tetapi masih dimungkinkan jika didesain dan dibuat kolimator baru, karena besarnya fluks total di teras reaktor mencapai orde $2,5 \times 10^{14}$ n/(cm² s).

ABSTRACT

PRIMARY STUDY FOR BORON NEUTRON CAPTURE THERAPY USES THE RSG-GAS BEAM TUBE FACILITY. The minimum epithermal neutron flux as one of the prerequisite of Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) is 1.0×10^9 n/(cm² s). RSG GAS have 6 beam tube facilities for neutron source, which is one of the beam tube namely S-2 has a possibility to utilization for BNCT facility. The totally flux neutron measurement in the front of S-2 beam tube is 1.8×10^7 n/(cm² s). The neutron flux measurement was less than for BNCT minimum prerequisite. Concerning to the flux neutron production in the reactor, which is reach to 2.5×10^{14} n/(cm² s), there for the S-2 beam tube could be used beside colimator modification.

Key word : Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), beam tube

PENDAHULUAN

Tumor otak sangat sulit ditangani dengan obat-obatan karena terdapat kecenderungan bahwa terapi dengan obat-obatan secara fisiologis mendapat hambatan sampai ke jaringan tersebut. Kecenderungan bertambahnya kasus penderita berbagai jenis tumor otak telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Seperti dilaporkan oleh Crocker (1990) bahwa di Amerika Serikat setiap tahun ditemukan sekitar 4000 kasus penderita Glioblastoma Multiforme. Sedangkan Moss (1995) melaporkan bahwa di seluruh negara anggota Masyarakat Ekonomi Eropa, setiap tahun ditemukan sekitar 15.000 pasien, baik glioma maupun glioblastoma multiforme. Di Indonesia meskipun belum ada angka yang pasti tentang kasus tumor otak sampai saat sekarang (2000), namun diperkirakan jumlahnya cukup besar.

Terapi yang dikembangkan untuk mengatasi penyakit tumor ini, yaitu dengan cara BNCT (*Boron Neutron Capture Therapy*) yaitu terapi dengan memanfaatkan tangkapan neutron oleh boron. Konsep BNCT memerlukan suatu nuklida

yang diaktivasi (dalam hal ini boron) dalam sel tumor. Nuklida tersebut kemudian akan terbelah bila menangkap neutron dan menghasilkan reaksi (n, α) yaitu :



Ion ^7Li dan ^4He (α) dengan tenaga kinetik masing - masing sebesar 0,84 MeV dan 1,45 MeV, sedangkan sinar gamma yang menyertai reaksi tersebut mempunyai energi kinetik 0,5 MeV. Efek biologis ionisasi ion-ion yang timbul dari reaksi nuklir tersebut mempunyai dua keuntungan yaitu :

1. Energi ionisasi dipindahkan pada media di sepanjang lintasannya, pada orde sekitar 10 μ meter. Karena panjang lintasan sebesar 10 μ meter yang ekuivalen dengan diameter sel tumor, maka kerusakan sel-sel akibat ionisasi terbatas pada sel tumor saja.
2. Energi ionisasi dari ion α dan ^7Li tergolong dalam jenis radiasi dengan dengan *linier energy transfer* (LET) kurang dari 10 μm dengan efektivitas biologi radiasi yang lebih besar dibanding radiasi terapi konvensional

seperti dari ^{60}Co maupun sinar-X tenaga tinggi, sehingga hanya akan mengakibatkan kerusakan pada sel atau jaringan yang menampung atom boron tersebut.

Kemajuan negara lain dalam menangani masalah tumor dengan BNCT merupakan suatu tantangan untuk menyiapkan fasilitas BNCT di RSG-GAS. Hal ini sejalan dengan usaha untuk meningkatkan efisiensi penggunaan reaktor tersebut. Disadari bahwa penggunaan BNCT merupakan suatu kegiatan yang memerlukan kajian dari berbagai disiplin ilmu yaitu, kedokteran, radiofarmasi, teknologi reaktor, proteksi radiasi dan lain-lain. Sesuai dengan tugas dan fungsi P2TRR, maka lingkup kegiatan yang diambil adalah teknologi reaktor dan persiapan dini akan dilakukan pengkajian kemungkinan penggunaan *beam tube* RSG-GAS untuk fasilitas BNCT sebagai langkah awal.

TATA KERJA

1. Persyaratan Disain Fasilitas BNCT

Persyaratan yang ditetapkan dari hasil simposium NCT (*Neutron Capture Therapy*) dari sumber neutron adalah sebagai berikut :

1. Fluks neutron $> 1,0 \times 10^9 \text{ n}/(\text{cm}^2 \text{ s})$
2. Dosis fluks neutron cepat per fluks neutron epithermal $< 10 \times 10^{-3} \text{ Gy}/(\text{n cm}^2)$, kalau memungkinkan akan lebih baik jika $< 2 \times 10^{-3} \text{ Gy}/(\text{n cm}^2)$
3. Dosis sinar gamma per fluks neutron epithermal, $3 \times 10^{-13} \text{ Gy}/(\text{n cm}^2)$.
4. Arus per fluks (J/Φ) mendekati 1

2. Tabung berkas (*beam tube*) RSG-GAS

Reaktor GA Siwabessy dilengkapi dengan enam tabung berkas (*beam tube*) untuk saluran-saluran berkas neutron seperti diberikan pada Gambar 1. Masing-masing sudah digunakan, konstruksi detil dari tabung berkas diberikan pada Gambar 2. Diantara tabung berkas yang terdapat di RSG-GAS salah satunya dipergunakan untuk fasilitas radiografi neutron kering yang sudah dibuatkan kolimatornya. Dalam rangka persiapan dini kemungkinan pemanfaatan RSG-GAS untuk fasilitas BNCT, maka yang mungkin digunakan sebagai sumber neutron adalah tabung berkas dan sebagai pembanding untuk mengetahui besarnya fluks neutron yang dapat diperoleh di depan kolimator, maka dilakukan pengukuran besarnya fluks neutron didepan kolimator dari tabung berkas S-2.

3. Prosedur Pengukuran Fluks Neutron

- a. Bahan
 1. Keping emas
- b. Alat
 1. Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy
 2. Sistem pencacah spektroskopi gamma latar rendah (MCA) dengan detektor HP
- c. Prosedur pengukuran
 1. Sampel yang berupa foil emas ditimbang
 2. Sampel yang telah dipersiapkan ditempatkan pada posisi pengukuran
 3. Reaktor dioperasikan, waktu iradiasi dicatat
 4. Setelah tercapai waktunya reaktor dimatikan
 5. Sampel kemudian dicacah menggunakan MCA dengan detektor HP-Ge
 6. Hasil pencacahan digunakan untuk menghitung fluks neutron.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabung berkas (*beam tube*) yang terdapat di dalam reaktor GA. Siwabessy berjumlah 6 tabung berkas, dari ke enam tabung berkas yang tersedia sudah 5 tabung berkas yang dimanfaatkan, sehingga alternatif yang paling mungkin digunakan sebagai fasilitas BNCT adalah tabung berkas yang belum dimanfaatkan yaitu tabung berkas S-3, sedangkan alternatif kedua adalah tabung berkas S-2 yang sekarang sedang dipakai untuk fasilitas radiografi neutron kering. Sebagai pembanding untuk mengetahui besarnya fluks neutron total yang terdapat di depan kolimator, telah dilakukan pengukuran fluks neutron total di depan kolimator tabung berkas S-2. Hasil pengukuran menunjukkan besarnya fluks neutron total di depan kolimator S-2 sebesar $1,8 \times 10^7 \text{ n}/(\text{cm}^2 \text{ s})$. Hasil tersebut lebih rendah dibandingkan persyaratan disain fasilitas *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT) yaitu besarnya fluks neutron epithermal minimal $1,0 \times 10^9 \text{ n}/(\text{cm}^2 \text{ s})$, tetapi dengan modifikasi kolimator atau dengan desain kolimator yang baru masih dimungkinkan, karena fluks neutron total di teras lebih besar dari $1,0 \times 10^{14} \text{ n}/(\text{cm}^2 \text{ s})$.

KESIMPULAN

Studi awal pemanfaatan reaktor GA. Siwabessy untuk fasilitas *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT) dari segi kebutuhan fluks neutron dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tabung berkas (*beam tube*) yang tersedia di RSG-GAS yang kemungkinan besar dapat dimanfaatkan sebagai fasilitas *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT) adalah tabung berkas S-2 atau S-3.
2. Sebagai informasi awal hasil pengukuran besarnya fluks neutron total pada tabung berkas S-2 diperoleh sebesar $1,8 \times 10^7$ n/(cm² s). Sehingga dari persyaratan besarnya fluks, masih jauh dari batas minimal yang dipersyaratkan jika langsung menggunakan tabung berkas S-2 tanpa merubah kolimatornya. Tetapi masih dimungkinkan jika didesain kolimator baru, karena besarnya fluks total di teras reaktor mencapai lebih besar dari 1×10^{14} n/(cm² s).

DAFTAR PUSTAKA

1. HUDI HASTOWO dan IYOS R. SUBKI, Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), Status Teknologi Saat Ini dan Kemungkinan Penggunaannya di Indonesia, prosiding Seminar Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, P3TM, Yogyakarta 14-15 Juli 1999.
2. IAEA, Neutron Fluence Measurement, Technical Report Series. No. 107, Vienna, 1970
3. BATAN, Safety Analysis Report, Rev. 7, 1997
4. HATANAKA, H., Boron Neutron Capture Therapy for tumor, Nishimura, 1986
5. NAKAGAWA, Y., et. Al., Recent Study of Boron Neutron Capture Therapy, Plenum Press, New York, 1996
6. TETSUO MATSUMOTO, Design of Neutron Beams for Boron Neutron Capture Therapy for TRIGA Reactor, Journal of Nuclear Science and Technology, Atomic Energy Society of Japan, 1996

DISKUSI

Penanya : (Endiah PH)

1. Untuk studi awal ini apakah hanya ditinjau dari besar fluks saja, aspek teknik apa saja yang diperlukan untuk pembuatan BNCT. Misal kemampuan dukung lantai untuk dimuati shielding BNCT.

Jawaban : (Suroso)

1. Dari judul saya; studi awal penggunaan "beam tube" RSG-GAS untuk fasilitas BNCT, sekaligus merupakan bahasan pengkajian, sehingga kemampuan lantai belum dibahas pada pengkajian ini.

Penanya : (Iman Kuntoro)

1. Menurut saya Beam Tube S-2 yang posisinya tangensial terhadap teras reaktor, tidak cocok, karena fluks neutron termal akan kecil, meskipun kalimotor diganti dengan desain baru, mohon komentar atau alasan solusinya mengapa saudara optimis menggunakan S-2 tersebut ?.

Jawaban : (Suroso)

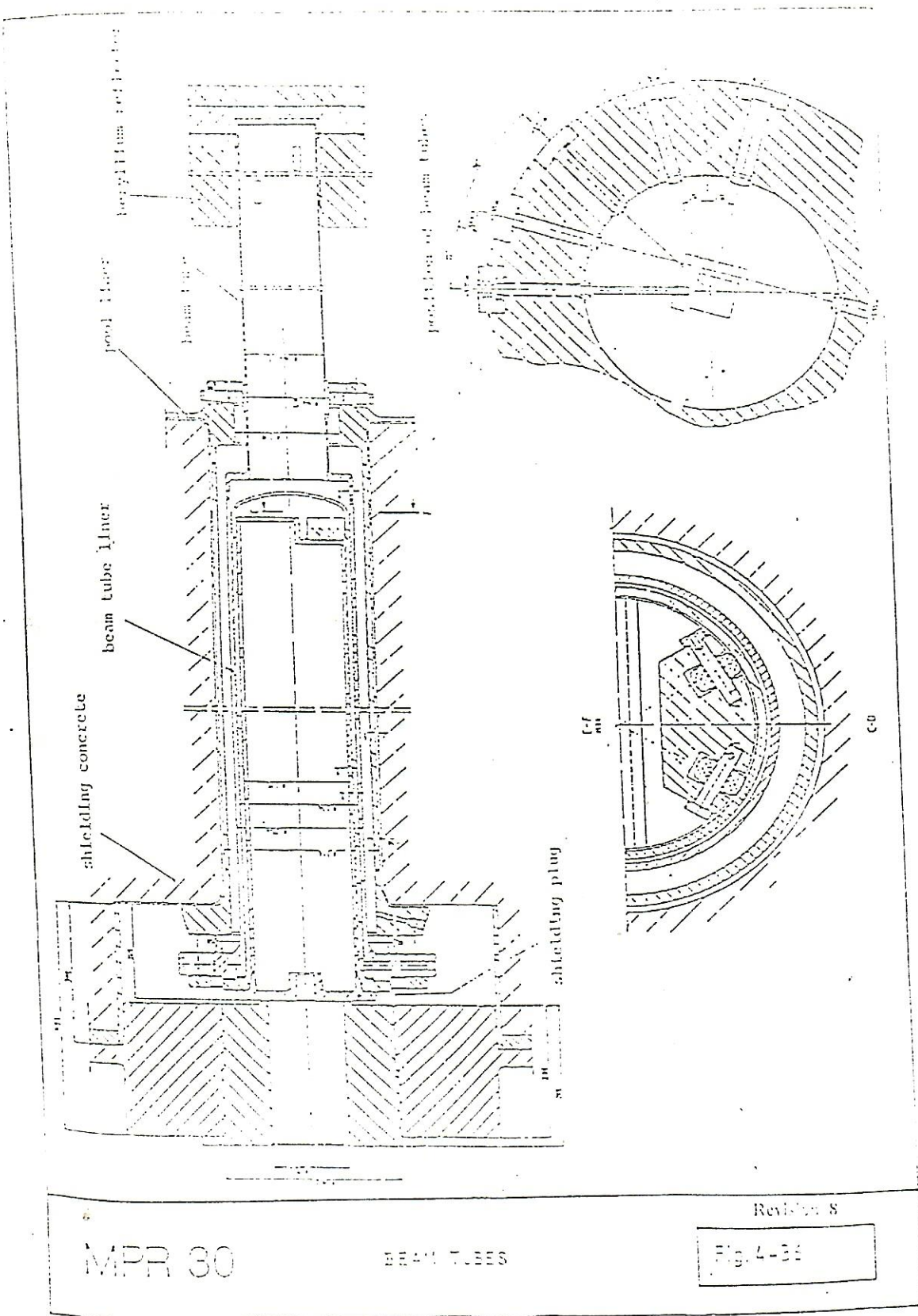
1. Dari segi persyaratan fluks gammanya harus rendah, mungkin bisa diaplikasikan dari posisi tangensial, tetapi dari fluks neutronnya, masih mungkin karena fluks di teras $> 10^{14}$ n/cm²s, jadi bagaimana harga kolimator yang akan dibuat yang lebih penting.

Penanya : (Sarwani)

1. Dari besarnya fluks neutron yang ada di PRSG, Apakah beam tube kita, layak digunakan untuk BNCT ?.

Jawaban : (Suroso)

1. Tidak, jika langsung menggunakan kalimotor yang ada karena, sebagai contoh pengukuran di beam tube S2 besarnya fluks $< 10^9$ n/(cm²s) masih dibawah syarat minimum besarnya fluks neutron yang dipersyaratkan untuk BNCT.



MPR 30

BEAM TUBES

Revision 8

Fig. 4-34

