

Bahan Sasaran Sebagai Sumber Neutron yang Optimal untuk Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)

Yan Surono¹, Cari², Yohannes Sarjono³

^{1,2} Program Studi S2 Ilmu Fisika UNS

³ BATAN Yogyakarta

Email yanali06@gmail.com

Abstract Cancer is a deadly disease that exist on planet earth. Efforts were made to be able to kill cancer cells either by manual operation or by radiotherapy. One way to use energy radiation radioactive elements as killers of cancer cells is Boron Neutron Capture Therapy (BNCT). BNCT is a therapeutic technique that utilizes the interaction of neutron capture by the core ^{10}B will produce α -particles and nuclei ^7Li results by reaction $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$. It therefore requires a material that will produce neutrons used in BNCT. Materials target that will be searched in order to obtain optimal materials according to the requirements provided by the International Atomic Agency (IAEA).

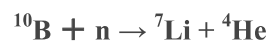
Keywords : Kanker, Material, Neutron, BNCT

Abstrak Kanker adalah salah satu penyakit yang mematikan yang ada di planet bumi. Upaya upaya dilakukan untuk dapat membunuh sel kanker baik itu secara operasi manual maupun dengan cara radioterapi. Salah satu cara yang memanfaatkan energi radiasi unsur unsur radioaktif sebagai pembunuh sel kanker adalah Boron Neutron Capture Therapy (BNCT). BNCT merupakan teknik terapi yang memanfaatkan interaksi tangkapan neutron oleh inti ^{10}B yang akan menghasilkan partikel- α dan inti hasil ^7Li melalui reaksi $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$. Oleh sebab itu diperlukan material yang akan menghasilkan neutron digunakan dalam BNCT. Bahan - bahan sasaran yang akan ditelusur dalam upaya mendapatkan bahan yang optimal sesuai persyaratan yang diberikan oleh International Atomic Agency (IAEA).

Kata Kunci : Kanker, Material, Neutron, BNCT

PENDAHULUAN

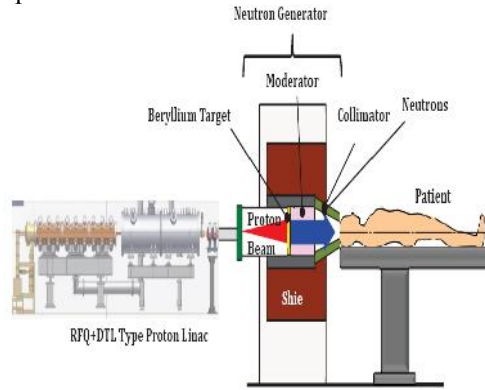
Terapi ideal suatu kanker adalah penghancuran sel-sel kanker tanpa merusak jaringan normal di sekitarnya. Sebagian besar sel kanker seharusnya hancur melalui terapi dengan bantuan sistem kekebalan tubuh. Jika tidak, potensi tumor terbentuk kembali dengan sendirinya menjadi sangat besar. Meskipun perlakuan terapi standar yang ada saat ini seperti operasi, terapi radiasi, dan kemoterapi telah berhasil mengobati berbagai macam kanker, masih ada banyak kegagalan teknik-teknik tersebut. Saat ini, terapi kanker yang lebih menjanjikan dan terus dikembangkan para ilmuwan adalah metode BNCT (Boron Neutron Capture Therapy). BNCT merupakan proses pengobatan kanker yang inovatif dengan tidak melakukan operasi secara manual dan menekan rasa sakit yang memberikan efek samping minimal. BNCT secara sederhana diartikan menghancurkan sel sel kanker saja dengan menggunakan reaksi boron – neutron.



Unsur Boron dikenai neutron akan menghasilkan Litium dan sinar alfa atau He^4 (sinar alfa) inilah yang akan membunuh sel kanker.

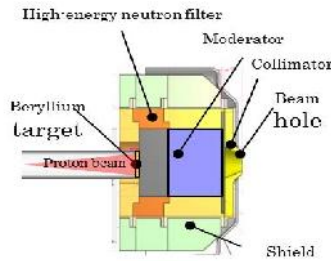
Ditelisik dari reaksi diatas sebelum menghasilkan sinar alfa yang nantinya sebagai pembunuh sel kanker, ada reaksi dimana boron dikenai sinar neutron. Boron bukan logam adalah golongan unsur utama ke – 3 yang dalam sistem periodik memiliki dua isotop yang stabil secara alami yaitu ^{11}B dan ^{10}B , dimana keduanya dialam cukup melimpah, sehingga layak digunakan sebagai penangkap neutron. Dengan neutron inilah yang akan menghasilkan sinar alfa sebagai the killing cancer.

Dalam gambar diagram proses BNCT



Gambar 1 Skema proses BNCT (Tetsuya Yamamoto et al, 2013)

Posisi sasaran yang akan menghasilkan neutron berada dalam neutron generator, yang secara spesifik terlihat seperti gambar 2.



Gambar 2. Letak Bahan Sasaran (<https://groups.oist.jp/ami/bnct>)

Oleh karena bahan sasaran apa yang optimal untuk menghasilkan neutron yang nanti ditangkap oleh boron yang ada dalam sel kanker yang di injeksikan terlebih dahulu kepada pasien kanker.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada saluran proton beam hingga sasaran seperti pada gambar 2. Pemodelan Bahan Sasaran dengan 3 variasi antara lain seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Bahan Sasaran

Target	Proton Energy (MeV)	Melting Point (0C)	Boiling Point (0C)	Thermal Conductivity (W/m/K)	Neutron Yield (/s/mA)	Gamma ray Yield (/s/mA)	Gamma ray yield per one neutron
Be	30	1278	2970	201	1.90E+14	3.35E+12	0.02
Ta	30	3017	5458	57.5	1.27E+14	1.18E+14	0.93
W	30	3422	5555	174	9.65E+13	1.35E+14	1.4

Setelah di model dengan tiga variasi, maka disesuaikan dengan parameter dari IAEA utamanya IAEA TECDOC 1211. Penggunaan software Monte Carlo dengan versi MCNPx, yang sudah jamak digunakan dalam pendekatan penghitungan analisa transfer radiasi dari bahan yang diujikan diatas.

Satuan standar yang dipakai dalam MCNPX adalah sebagai berikut :

- Panjang dalam centimeter
- Energi dalam MeV
- Densitas Atom dalam atoms/barn-cm
- Densitas Massa dalam g/cm³

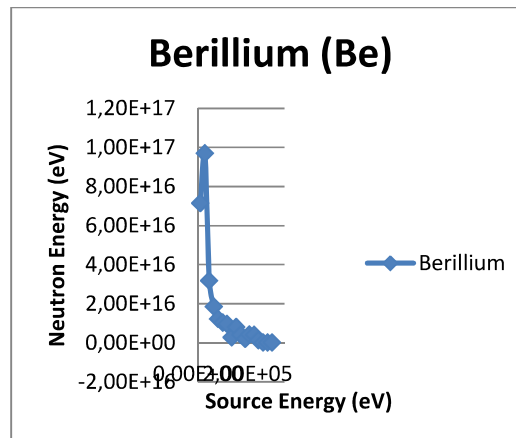
- Waktu dalam Shakes (10^{-8} sekon)
- Temperatur dalam MeV (kT)
- Tampang Lintang dalam barns (10^{-24} cm²)

Batasan energi radiasi yang dapat disimulasikan adalah sebagai berikut :

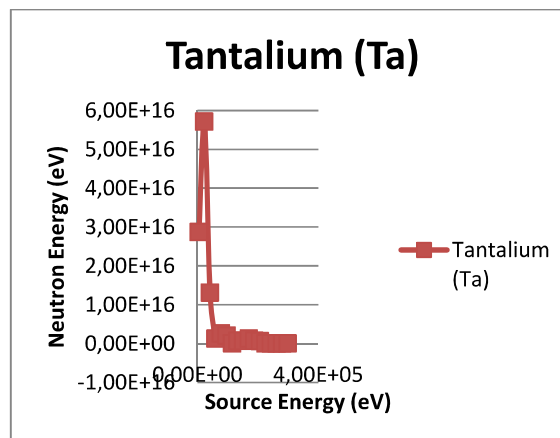
- Rentang energi neutron (0-20 MeV) untuk semua isotop
- Rentang energi neutron (0-150 MeV) untuk 42 isotop tertentu.
- Rentang energi Foton (1 keV -100 GeV)
- Rentang energi elektron (1 keV – 1GeV)
- Rentang energi proton (1 – 150 MeV)

PEMBAHASAN

Pada optimalisasi bahan sasaran yang akan digunakan BNCT dengan mendesain menggunakan montecarlo software dengan melihat energy neutron yang dihasilkan. Kondisi beam proton yang dihasilkan dari siklotron 30 MeV dibuat tetap dan juga ketebalan bahan targetnya. Variasi bahan sasaran yang digunakan ada 3 bahan, seperti pada tabel 1. Hal ini dilakukan karena ketiga bahan tersebut dipakai di beberapa negara yang sudah mengembang BNCT. Dengan menjalankan program montecarlo didapatkan karakter masing masing bahan seperti grafik dibawah ini,



Grafik 1. Berillium



Grafik 2. Tantalium

Melihat grafik 1. Berillium, dapat dijelaskan beam proton yang ditembakkan dari 0 hingga 30 MeV, mengenai bahan sasaran berillium (Be) dengan ketebalan 0,6 cm dan diameter 3 cm. Dengan dianggap sudut terbiasnya 0^0 menghasilkan energy neutron total $2.76.10^{+17}$ eV, yang secara exponential hingga habis pada energi sumber proton 30 MeV.

Hal ini dapat didekatkan teoritical the thick differntial neutron yield, $d^2Y/d\Omega dEn$,

$$\frac{d^2Y}{d\Omega dEn}(\theta, En) = \frac{f_{9Be} N_0 \frac{d\sigma_{pn}}{d\Omega} \frac{d\Omega^1}{dEn}}{e A_{eff} - \frac{1}{\rho} \frac{dEp}{dx}}$$

Dimana

f_{9Be} = Fraksi Berillium di gunakan

N_0 = Bilangan Avogadro

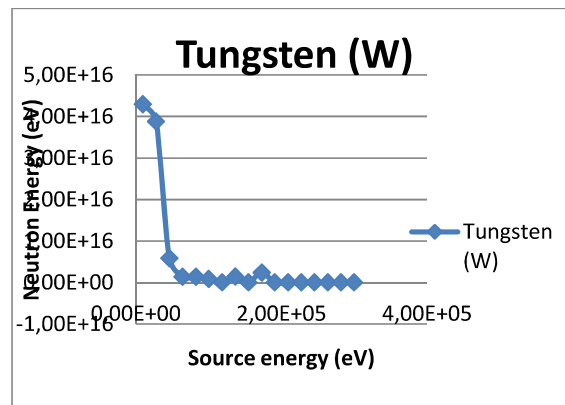
e = muatan elektron

A_{eff} = Berat atom Be

E_p = Energi proton

E_n = Energi neutron

$\frac{d\sigma_{pn}}{d\Omega^1}$ = penampang lintang



Grafik 3 Tungsten

Dengan analisis yang sama juga berlaku pada grafik 2. Tantalium dan juga grafik 3. Tungsten. Adapun energi neutron total tantalium dan Tungsten berturut turut adalah $1.09E+17$ eV dan $9.48E+16$ eV.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pendesainan dan pemodelan Bahan sasaran sebagai sumber neutron yang optimal untuk Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) adalah berillium berdasarkan Total energi Neutron yang dihasilkan, kemudian diikuti oleh Tantalium dan tungsten.

SARAN

1. Secara teori untuk desainan dilihat dari energi neutron yang dihasilkan masih lemah, dikarenakan masih ada penampang lintang (Cross Section) dari bahan bahan tersebut.
2. Perlu juga dilakukan analisis pengukuran fluks neutron

DAFTAR PUSTAKA

- Ferlay, J., Soerjomataram, I., Dikshit, R., Mathers, C., Rebelo, M., Parkin, D., et al. (2014). Cancer Incidence and Mortality Worldwie. International Journal of Cancer.
- Ferlay, J., Soerjomataram, I., Ervik, M., Dikshit, R., Eser, S., Mather, C., et al. (2012). Cancer Incidence and Mortality Worldwide:IARC Cancer Base No.11. IARC
- IAEA. (2001). CURRENT STATUS OF NEUTRON CAPTURE THERAPY. Viena: IAEA,ISSN 1011-4289.
- John, R. L., & Anthony, J. B. (t.thn.). Introduction to Nuclear Engineering. New Jersey: Pentice Hall.
- Kasesaz, Y., Khalafi, H., & Rahmani, F. (2014). Design of an epithermal neutron beam for BNCT in thermal column of Tehran research reactor. Annals of Nuclear

- Energy, Elsevier, 234-238.
- Lyon. (2013). International Agency for Research on Cancer. Dipetik Desember 2014, dari GLOBOCAN: <http://globocan.iarc.fr>
- Tahara, Y., Oda, Y., Shiraki, T., Yokobori, H., & Nakamura, T. (2006). Engineering Design of a Spallation Reactor-Based Neutron Generator for Boron Neutron Capture Therapy. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 43, 9-19.
- Tetsuya, M., & Tetsuo, M. (2011). Progress in nuclear science and technology. Study on microdosimetry for boron neutron capture therapy. 2-242.
- Whittmore, W. (1992). A Compact TRIGA reactor for Boron neutron capture therapy. *Progress in Neutron Capture Therapy for Cancer* (hal. 57-62). New York: Plenum Press.
- Wolfgang, A., Sauerwein, Pierre, M., & Andre, W. (2013). Neutron capture therapy. *Drugs for BNCT*. 117-161.
- X-5 Monte Carlo Team. (1987). MCNP-A general Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 5 Volume 1; Overview and Theory. Mexico: Los Alamos National Laboratory