

Optimasi dosis serap pengobatan brachytherapy dengan variasi jumlah seeds radioisotop I-125 pada kasus kanker otak menggunakan simulasi MCNPX

Muhammad Fikri Aziz Mustofa^{1*}, M. Helmi Hakim¹,
Ulfa Niswatul Khasanah¹, Fajar Arianto², Prasetyo Basuki³

¹Program Studi Fisika, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Jl. Masjid No.22 Kota Blitar 6612

²Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro,
Jl. Lkr. Utara Undip, tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang 50275

³Pusat Teknologi Nuklir bahan dan Radiometri BATAN, Jl. Tamansari No. 71 Bandung 40132

*e-mail: faziz.fikri@gmail.com

Abstrak - Metode pengobatan brachytherapy dalam bidang fisika medis dapat dilakukan dengan cara menempatkan sumber radioaktif dekat dengan jaringan sakit di dalam organ. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara menentukan dosis serap brachytherapy kanker otak tepatnya di lobus parietal serta mengetahui pengaruh pada variasi jumlah seeds dengan dosis serap yang diterima. Ada beberapa sumber radioaktif yang dapat dilakukan pada metode brachytherapy, salah satunya I-125 radionuklida yang memiliki energi rendah sebesar 35,5 keV dan memiliki waktu paruh sebesar 59,4 hari. Pada penelitian ini dilakukan simulasi brachytherapy dengan software MCNPX. Hasil simulasi menunjukkan energi dosis serap masing masing sebesar 183,81 Gy untuk 10 seeds, 377,53 Gy untuk 20 seeds, 569,918 Gy untuk 30 seeds, 765,82 Gy untuk 40 seeds, dan 972,76 Gy untuk 50 seeds, besaran dosis serap tersebut ditunjukkan untuk jenis radioisotop I-125. Dari hasil tersebut diketahui bahwa adanya pengaruh jumlah seeds dengan dosis serap yang diterima pada brachytherapy kanker otak dan jumlah seeds yang optimal sebanyak 33 seed

Kata Kunci: Brachytherapy, Dosis Serap, MCNPX, Kanker Otak

Abstract – Brachytherapy treatment methods in the field of medical physics can be done by placing a radioactive source close to the diseased tissue in the organ. The purpose of this study was to determine the calculate of the absorbed dose of brain cancer brachytherapy and to determine the effect of variations in the number of seeds with the absorbed dose received. Several radioactive sources can be used in the brachytherapy method, one of which is I-125 radionuclide which has a low energy of 35.5 keV and a half-life of 59.4 days. In this study, a simulation of brachytherapy with MCNPX software was carried out. The simulation results show that the energy absorbed dose is 183.81 Gy for 10 seeds, 377.53 Gy for 20 seeds, 569.918 Gy for 30 seeds, 765.82 for 40 seeds, and 972.76 for 50 seeds. radioisotope I-125. From these results, it is known that there is an effect of the number of seeds with the absorbed dose received on brain cancer brachytherapy and the optimal number of seeds is 33 seeds.

Key words: Brachytherap,; Absorbed Dose, MCNPX, Brain Cancer

PENDAHULUAN

Kanker otak dapat disebut juga dengan sel abnormal dan tidak terkendali pada jaringan otak, dimana sel tersebut mengambil alih ruang yang berada pada jaringan otak [1]. Menurut data dari WHO (*World Health Organization*) kanker otak memiliki persentase 1.5 % dari semua jenis kasus kanker di Indonesia pada tahun 2020 dan menepati peringkat 15, kemudian untuk persentasi kematian sebesar 2,3 % dari kasus kanker yang ada di indonesia [2].

Pengobatan kanker di Indonesia saat ini sering dilakukan dengan cara kemoterapi maupun pembedahan [3], namun terdapat

metode penyembuhan kanker yang dapat digunakan dengan menggunakan sumber isotop radioaktif yang didekatkan ke jaringan yang sakit dan menghasilkan dosis yang mana dapat mematikan sel kanker tersebut.

Metode ini disebut dengan metode *brachytherapy* metode ini secara umum dapat dijelaskan dimana dapat mengendalikan radiasi yang dipancarkan ke target akan sesuai dengan pola yang telah ditentukan dan dikembalikan lagi ke tempatnya dengan menggunakan modul penggerak dalam kurun waktu yang telah ditentukan [4]. Penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh dosis terhadap variasi jumlah *seeds* yang diberikan [5].

MCNPX merupakan kode transpor radiasi Monte Carlo yang dirancang dengan tujuan mengimplementasikan jenis-jenis partikel pada rentang energi yang luas. MCNPX merupakan generasi lanjutan dari rangkaian kode transportasi Monte Carlo yang dimulai di Laboratorium Nasional Los Alamos [6]. MCNPX ini juga sudah tersebar secara luas paket perangkat lunaknya sebagai simulasi penggunaan teknologi nuklir serta banyaknya komunitas pengguna yang besar di seluruh dunia, beberapa pengaplikasian MCNPX ini mencakup banyak bidang seperti proteksi radiasi dan dosimetri, proteksi radiasi, fisika medis dan juga disain detektor [7].

LANDASAN TEORI

Metode Pengobatan Kanker

Radioterapi merupakan salah satu metode penyembuhan, yang menggunakan radiasi pengion untuk membunuh sel kanker sebanyak mungkin. Radioterapi dapat dijadikan pengobatan setelah ditemukannya sinar-X pada abad 19 disamping pengobatan yang lain yakni kemoterapi dan pembedahan. Radioterapi ada beberapa jenis diantaranya adalah radioterapi eksternal yang memanfaatkan sinar-X atau foton yang diletakkan ke target dengan jarak tertentu diluar tubuh [8]. Kemudian menurut *National Cancer Institute* ada juga radiasi internal atau sering disebut dengan metode *brachytherapy* dimana memanfaatkan sumber radioaktif yang diletakkan pada sel kanker, sumber radiasi tersebut meliputi radium 226, cobalt 60, cesium 137 atau sebagainya [9].

Brachytherapy Otak

Brachytherapy adalah alat yang menggunakan iradiasi gamma, di mana sumber radioisotop didekatkan ke area target dan radiasi gamma diberikan untuk menghasilkan dosis yang mampu membunuh sel kanker/tumor. *Brachytherapy* ini juga dapat disebut dengan pengobatan tumor atau kanker dengan kombinasi penyinaran radiasi eksternal dengan radioterapi metode ini dapat digunakan pada penderita kanker stadium I-II hingga stadium lanjut sesuai dengan indikasi dan batasan-batasan tertentu [9]. Bahan radioaktif yang sering digunakan adalah Iodine-125. Bahan radioaktif tersebut efektif untuk melawan melanoma (asal mula kanker) dengan ukuran kecil hingga sedang [10].

Sumber Radionuklida I-125

Ada berbagai jenis radionuklida di bumi, baik alami maupun buatan. Radionuklida yang terjadi secara alami, yaitu radiasi dari sinar matahari. Kemudian untuk radiasi buatan berasal dari radiasi dari teknologi nuklir yang dimanfaatkan untuk dijadikan pembangkit listrik.

Pemanfaatan radionuklida sangat banyak sekali termasuk dalam bidang medis, radionuklida digunakan untuk melakukan treatment atau terapi pada penderita penyakit tertentu,

Iodine 125 memiliki kontrol lokal dan kelangsungan hidup yang sebanding dengan perawatan seperti SRS (Stereotactic Radio Surgery), I-125 ditanamkan pada sekitar sel tumor yang berada di otak [11]. Dalam penelitian yang dilakukan di (Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka) PRR-BATAN energi sebesar 35,5 keV atau 0,355 MeV [12]. Untuk energi aktifitas setiap seeds nya sebesar 16,15 mCi dengan rentang antara 4,04–40,38 mCi [13].

Software MCNPX

Software Monte Carlo Nano Partikel telah digunakan selama kurang lebih 80 tahun dimana digunakan untuk memecahkan berbagai masalah dalam fisika medis. Pentingnya MCNPX dalam perencanaan pengobatan contohnya parameter dosimetri, kurva distribusi *isodose*, dan *figure of merit* (FOMs) dipertimbangkan berkas foton dari berbagai berkas foton dari berbagai energi [14].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yazdani Darki, *dkk* [15], MCNPX berguna untuk menghitung sifat redaman pada organ tubuh manusia, MCNPX juga digunakan untuk pemodelan dan perhitungan yang ditimbulkan dikarenakan adanya interaksi dari radiasi dengan material dan partikel dari energi yang berbeda-beda. Ketika sebuah foton melewati sebuah bahan, maka foton tersebut akan kehilangan energi yang sering disebut sebuah proses hamburan Compton, efek fotolistrik dan produksi pasangan [16].

Penentuan Jumlah Seeds Optimum Brachyterapi Otak

Dosis serap dapat dihitung dengan cara mengkalikan antara dosis serap pertransformasi (D/Trans) dikalikan dengan bilangan

transformasinya (U_x) dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = D/trans \times U_x \tag{1}$$

Sebelum menggunakan persamaan 1 diatas perlu menentukan total transformasinya dengan cara membagi total aktifitas (A_0) dengan konstanta peluruhan (λ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$U_x = A_0 \tau = \frac{A_0}{\lambda} \tag{2}$$

Setelah itu menentukan dosis serap pertransformasi dengan persamaan sebagai berikut:

$$D/Trans = \frac{Tally \times 10^6 \times 1,602 \times 10^{-19}}{m_o} \tag{3}$$

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode simulasi, dengan tujuan untuk melihat sebab akibat dari suatu perlakuan. Melalui simulasi pada program komputer dengan menggunakan *Software* MCNPX. *Software* tersebut untuk memperoleh nilai dosis serap yang dapat diberikan pada pengobatan *brachytherapy* otak pada posisi *lobus parietal* dengan sumber radioistop I-125 dengan bervariasi jumlah *seeds* yang digunakan. Metode yang digunakan peneliti pada dasarnya sama dengan eksperimen secara langsung dengan alat *brachytherapy* pada subjek manusia.

Penelitian dilakukan dengan instrumen pengumpulan data yang digunakan berupa Komputer, Notepad ++, Vised. Kemudian data yang digunakan untuk bahan dan densitas pemodelan phantom adalah ORNL/TM-8381 (ORNL MIRD Phantom versi 1996). Adapun inputnya adalah ORNL/MIRD, dengan variasi jumlah *seeds* yang digunakan yakni 10 *seeds*, 20 *seeds*, 30 *seeds*, 40 *seeds*, dan 50 *seeds*.

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan membuat simulasi *brachytherapy* otak yang menggunakan program MCNPX dengan metode Monte Carlo Tahap simulasi dibagi menjadi tiga tahapan, yakni tahapan pembuatan geometri *phantom* model ORNL-MIRD versi 1996, mendefinisikan sumber radiasi serta tempat bagian yang akan diberi sumber radiasi.

Geometri *phantom* model ORNL-MIRD merupakan bentuk geometri tubuh manusia yang terdiri oleh 3 bagian utama yakni bagian kepala, badan serta kaki. Pada model ini juga dapat disertakan bagian organ dalam yang dianggap penting yang meliputi usus halus, kolon menurun, kolon sigmoid, bladder, prostat dan hati. Pada geometri *phantom* terdiri dari tiga bagian utama yakni:

- *Silindir ellipse* untuk menunjukkan bagian badan dan lengan
- Dua buah lingkaran kerucut yang dipotong ujungnya untuk bagaian anggota gerak kaki
- *Silindir* melingkar yang diletakkan pada batas setengan *Silindir ellipse* yang menggambarkan kepala dan leher.

Tabel 1. Data sumber radiasi untuk input MCNP-X

Sumber	Keterangan
Radioisotop	I-125
Bentuk	Titik-Titik
Variasi	10 seeds,20 seeds,30 seeds,40 seeds, dan 50 seeds
Energi I-125	0.355 MeV
Jenis Partikel	Foton dan Elektron
Penempatan Sumber	Otak

Sumber radiasi perlu didefinisikan untuk mensimulasikan perjalanan partikel, dalam penelitian ini peneliti model sumber radiasi dimodelkan dalam bentuk *seeds* yang ditanamkan secara acak dan merata di sekitar otak dengan titik geometri (-2,5000; 0,5000; 94,3000). Definisi sumber yang diperlukan dapat dijadikan inputan MCNP-X berupa jenis partikel yang dipancarkan, energi dan juga kelimpahan partikel, arah berkas partikel, dan geometri yang berupa posisi dan bentuk sumber radioaktif. Sumber radiasi yang digunakan dalam pemodelan ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Model Pulsa Distribusi Energi

Tally F8 digunakan untuk menghitung pulsa distribusi energi yang didapatkan dari tangkapan radiasi oleh detektor, kartu F8 digunakan untuk memasukkan data *cell*. Mode yang digunakan pada *tally F8* berupa N untuk neutron, P untuk foton dan E untuk elektron, dan P,E digunakan untuk elektron dan foton secara simulasi.

Penelitian ini menggunakan mode P,E untuk mengetahui karakteristik foton dan elektron apabila berinteraksi dengan materi. nilai energi total yang dideposisi oleh keseluruhan foton disimpan dalam energi bin,

pengubahan nilai tally dari tally tinggi dengan satuan pulsa ke tally deposisi energi dengan tiap satuan muatan elektron dengan satuan MeV.

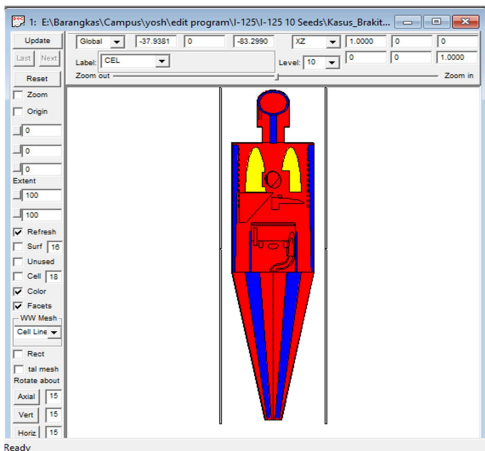
Running Program

Running ini dilakukan dengan menggunakan dua software vised dimana software ini digunakan untuk running program dengan tujuan untuk melihat sebaran dosis yang telah diberikan dengan tipe radioisotop dan jumlah seeds yang sesuai dengan isi program yang telah dimasukkan dalam bentuk angka

Software vised juga digunakan untuk menampilkan hasil running kedalam bentuk phantom manusia dewasa dan hasil radiasi pada otak yang telah dimasukkan kedalam program sesuai dengan jenis radioisotop dan jumlah seeds yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Phanthom ORNL-MIRD ini dibuat oleh Oak Ridge National Laboratory dengan menggunakan analisis matematis dosis yang dikeluarkan oleh komite MIRD.



Gambar 1. Tampilan gemoteri phnathom model ORNL-MIRD dari depan dan samping

Pemodelan untuk kanker otak secara tepat dan diletakkan di dalam otak tidak mudah untuk dilakukan. Pendekatan yang cukup sederhana dapat dilakukan dengan cara mengasumsikan bahwa keseluruhan elektron ditempatkan secara lokal, dan pengaruh foton diluar relatif bisa diabaikan terhadap dosis serap pada kanker.

Geometri otak didefinisikan dengan densitas sebesar 1,04 g/cm² dan teletak di dalam cranium (tulang tengkorak) dengan tipe elipsoid. secara bergantian fraksi elektron yang

diserap dapat diamati dengan tidak mengabaikan pengaruh dari banyaknya foton pada jaringan.

Pada Brachyterapy otak akan didapat tally berupa energi yang diserap per transformasi pada organ saat seeds dimplankan. I-125 akan meluruh hingga keaktifan akan habis, maka dari itu, perlu dilakukan perhitung total dari bilangan transformasi yang terjadi pada seeds yang diimplankan yang telah melebihi waktu paruh radionuklida tersebut. Energi yang diserap akan berupa satuan MeV. Untuk mengetahui dosis serap yang didapat persatuan massa organ harus dikonversikan kedalam Gy.

Dalam kasus Brachyterapy otak total aktivitas didapat dari banyaknya seeds yang diimplankan dikalikan dengan aktifitas setiap seeds hasil deposisi tiap transformasinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil running pada brachyterapy otak

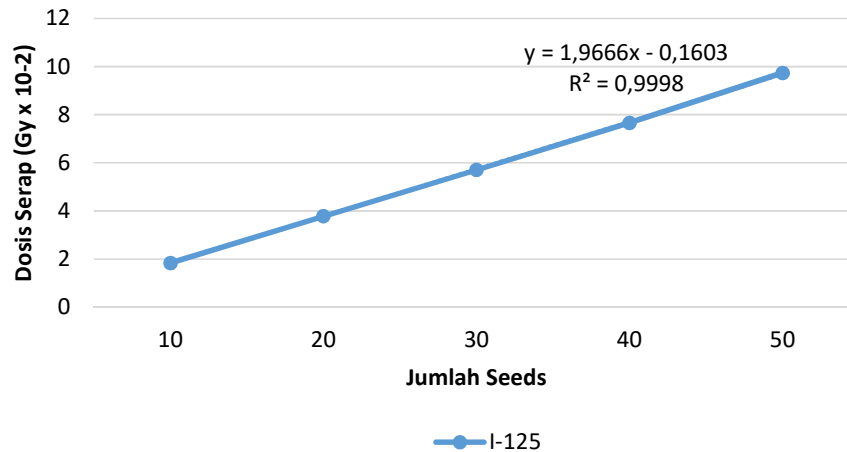
Jumlah Seeds	Energi I-125 (MeV)
10	$6,53 \times 10^{-2}$
20	$6,63 \times 10^{-2}$
30	$6,70 \times 10^{-2}$
40	$6,80 \times 10^{-2}$
50	$6,91 \times 10^{-2}$

Hasil running dari Tabel 2 kemudian akan dikonversikan kedalam satuan Gy/Trans. Dengan menentukan umur hidup, total bilangan transformasi yang dihitung pada setiap variasi seeds yang diimplankan sebagaimana persamaan 3. Di dapat bahwa dosis serap pada otak dengan menggunakan radionuklida I-125 dengan memvariasikan jumlah seeds dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dosis serap brachytherapy otak

Jumlah Seeds	Dosis Serap I-125 (Gy)
10	183,81
20	377,53
30	569,918
40	765,82
50	972,76

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa dosis serap pada brachyterapy otak untuk radioisotop I-125 cukup tinggi dikarenakan tipe golongan radioisotop, merujuk pada keputusan kepala BAPETEN tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi bahwasanya I-125 merupakan radioisotop yang memiliki radioaktivitas yang tinggi dan berada di golongan 2.



Gambar 2. Dosis serap brachyterapy otak dengan sumber radioisotop I-125

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah *seeds* yang diimplankan pada organ otak maka, didapatkan hasil simulasi dosis serap semakin besar. Hal ini didukung pula dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rauhsan dkk, dalam penelitian tersebut jumlah *seeds* mempengaruhi dosis serap yang didapat pada target organ dan volume yang dilakukan pengobatan *brachyterapy* [5]

Dosis serap pada *brachyterapy* kanker otak dengan radioisotop I-125 yang memiliki dosis serap yang tinggi apa bila jumlah *seeds* yang diimplankan semakin banyak, hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2**. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak *seeds* yang diimplankan maka besar pula dosis serap yang didapat pada organ dan volume otak.

Dari hasil simulasi yang didapat dapat ditunjukkan bahwa penggunaan radioisotop I-125 pada pengobatan *brachyterapy* kanker otak menunjukkan bahwa dosis serap dapat digunakan sebagai patokan awal dosis serap sebelum dilakukan penerapan secara langsung, hal ini dibuktikan dengan hasil simulasi dengan MCNPX dimana nilai kesalahan relatif yang didapat kurang dari 1% dimana nilai ini menunjukan ketelitian dalam distribusi foton pada organ otak secara merata [17].

KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang telah disinggung sebelumnya peneliti dapat menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari jumlah *seeds* yang diimplankan dengan besar

dosis serap yang diterima pada organ dan volume otak untuk pengobatan *brachyterapy* otak dengan menggunakan radioisotop I-125 dimana semakin banyak *seeds* yang diimplankan maka akan semakin besar dosis serap yang diterima. Besar dosis optimal yang dapat diberikan dengan menggunakan radioisotope I-125 sebanyak 33 seeds.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WHO, 'Global Cancer Observatory', 2020. [Online]. Tersedia di: <https://gco.iarc.fr/>. [Diakses: 30-Des-2021]
- [2] A.P. Nusantoro dan M. K. Ns, *Modul Ajar Patofisiologi*, 2020.
- [3] N. Fitriatuzakiyyah, R. K. Sinuraya, dan I. M. Puspitasari, "Cancer Therapy with Radiation: The Basic Concept of Radiotherapy and Its Development in Indonesia", *Indones. J. Clin. Pharm.*, vol. 6, no. 4, h. 311–320, 2017, doi: 10.15416/ijcp.2017.6.4.311.
- [4] T. Harjanto dan A. Satmoko, "Desain Modul Penggerak Sumber Isotop Iridium-192 Pada Perangkat Brakiterapi Hdr", *PRIMA-Aplikasi dan Rekayasa dalam Bid. Iptek Nukl.*, vol. 11, no. 2, h. 52–60, 2017.
- [5] R. Fikr, A. W. Harto, dan T. Budiyo, "The Effect of Amount of Seed and Activities of Radionuclide Sources 125I and 103Pd on The Distribution of Absorbed Doses in the Prostate Gland Brachytherapy Simulation using Monte

- Carlo N Particle eXtended Simulator”, 2019.
- [6] B. Pelowitz, *MCNPX TM User ' S Manual*. California: Los Alamos National Laboratory, 2008.
- [7] H. Khodajou-Chokami, S. A. Hosseini, M. Reza Ay, dan H. Zaidi, “MCNP-FBSM: Development of MCNP/MCNPX Source Model for Simulation of Multi-Slice Fan-Beam X-Ray CT Scanners”, *Med. Meas. Appl. MeMeA 2019 - Symp. Proc.*, h. 1–6, 2019, doi: 10.1109/MeMeA.2019.8802137.
- [8] W. Winarno, “Radioterapi Kanker Cervix Dengan Linear Accelerator (LINAC)”, *J. Biosains Pascasarj.*, vol. 23, no. 2, h. 75–86, 2021.
- [9] M. Khairati, S. Ramantisan, A. N. Kurniawan, dan A. D. Prastanti, “Teknik Radioterapi Eksternal Dan Internal Pada Kasus Kanker Endometrium Inoperable”, 2021.
- [10] Hacettepe, R. Fizi, dan D. Tez, *Vajinal Kaf Brakiterapi Uygulamaları İçin Yoğunluk Ayarlı Aplikatör Tasarımı: Dozimetrik Fizibilite Çalışması*, 2018.
- [11] R. V. Viola *et al.*, “Rules on informed consent and advance directives at the end-of-life: the new Italian law”, *Clin. Ter.*, vol. 171, no. 2, h. e94–e96, 2020, doi: 10.7417/CT.2020.2195.
- [12] B. Chitti *et al.*, “The role of brachytherapy in the management of brain metastases: a systematic review”, *J. Contemp. Brachytherapy*, vol. 12, no. 1, h. 67, 2020.
- [13] H. Lubis *et al.*, “Evaluasi pembuatan iodine 125 menggunakan sasaran gas xenon-124 diperkaya 99, 98%”, *Jurnal Forum Nuklir STTN*, 2011, vol. 5, no. 2.
- [14] M. J. Petr, C. M. McPherson, J. C. Breneman, dan R. E. Warnick, “Management of newly diagnosed single brain metastasis with surgical resection and permanent I-125 seeds without upfront whole brain radiotherapy”, *J. Neurooncol.*, vol. 92, no. 3, h. 393–400, 2009.
- [15] S. Yazdani Darki dan S. Keshavarz, “Studies on mass attenuation coefficients for some body tissues with different medical sources and their validation using Monte Carlo codes”, *Nucl. Sci. Tech.*, vol. 31, no. 12, h. 1–15, 2020.
- [16] S. M. Vahabi dan M. S. Zafarghandi, “Applications of MCNP simulation in treatment planning: a comparative study”, *Radiat. Environ. Biophys.*, vol. 59, no. 2, h. 307–319, 2020.
- [17] R. Amaliah, “Dosimetri Brachytherapy Pada Kanker Serviks Berdasarkan AAPM TG-43”, *J. Ilmu Fis. Teor. dan Apl.*, vol. 1, no. 2, h. 7–13, 2019.