



Analisis Laju Dosis Radiasi Neutron Pada Pekerja Radiasi Menggunakan Surveymeter di Instalasi Radioterapi

Ida Bagus Putu Priastana Bawa¹, Ni Nyoman Ratini*², Wayan Balik Sudarsana³, Gusti Ngurah Sutapa⁴, I Made Satriya Wibawa⁵, I Gde Antha Kasmawan⁶, Rozi Irhas⁷

^{1,2,4,5,6} Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

^{3,7} RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah, Denpasar, Bali, Indonesia

Received: 13 August 2024

Revised: 29 August 2024

Accepted: 05 November 2024

Corresponding Author:

Ni Nyoman Ratini

nymratini@unud.ac.id

© 2024 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

Abstrak: Penelitian dilaksanakan di Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah dengan tujuan, mengetahui nilai laju dosis radiasi neutron pada titik maksimum setelah penyinaran dilakukan dan mengetahui nilai laju dosis radiasi neutron terhadap pekerja radiasi berdasarkan Nilai Batas Dosis yang diizinkan oleh BAPETEN. Penelitian dilakukan dengan mengukur laju dosis radiasi neutron menggunakan surveymeter neutron pada 7 titik yang berbeda dengan berkas foton energi 10 MV. Pada titik A diperoleh rata-rata nilai laju dosis radiasi neutron pada titik maksimum sebesar $6618,87 \pm 959,50 \mu\text{Sv/h}$, pada titik B sebesar $1586,99 \pm 113,95 \mu\text{Sv/h}$, pada titik C sebesar $1599,90 \pm 210,98 \mu\text{Sv/h}$, pada titik D sebesar $1236,83 \pm 113,94 \mu\text{Sv/h}$, pada titik E sebesar $297,48 \pm 41,79 \mu\text{Sv/h}$, pada titik F sebesar $23,69 \pm 3,14 \mu\text{Sv/h}$ dan pada titik G sebesar $0,54 \pm 0,44 \mu\text{Sv/h}$. Kemudian diperoleh nilai laju dosis ekuivalen radiasi neutron pada masing-masing titik yakni, pada titik A sebesar $1,8 \mu\text{Sv/h}$, pada titik B $3,2 \mu\text{Sv/h}$, pada titik C $3,5 \mu\text{Sv/h}$, pada titik D $2,3 \mu\text{Sv/h}$, pada titik E $2,3 \mu\text{Sv/h}$, pada titik F $2 \mu\text{Sv/h}$ dan pada titik G $1,9 \mu\text{Sv/h}$, selanjutnya nilai laju dosis ekuivalen dibandingkan dengan $1/2$ NBD pekerja radiasi sebesar $5 \mu\text{Sv/h}$, maka nilai laju dosis ekuivalen masih di bawah dari $1/2$ NBD pekerja radiasi dan SPO yang berlaku di Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah memang benar aman bagi pekerja radiasi.

Keywords: Linear accelerator (LINAC), surveymeter, foton, neutron, nilai batas dosis

Pendahuluan

Kanker merupakan salah satu penyakit yang menyebabkan kematian cukup tinggi di dunia. Berdasarkan data WHO hampir 10 juta kematian yang diakibatkan oleh kanker pada tahun 2020 (WHO, 2022). Pengobatan kanker dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu operasi, kemoterapi, radioterapi atau kombinasi ketiganya (Suharmono dkk, 2020). Radioterapi merupakan suatu tindakan pengobatan medis yang dilakukan dengan menggunakan radiasi pengion untuk mematikan sel kanker yang diderita oleh pasien dengan melakukan terapi pada kerusakan sel kanker semaksimal

mungkin (Winarno dkk, 2021). Salah satu alat instrumen radioterapi yang digunakan untuk mematikan sel kanker yaitu pesawat LINAC (*Linear Accelerator*).

Pesawat LINAC merupakan sebuah alat yang menggunakan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi untuk mempercepat partikel bermuatan melalui lintasan lurus yang dapat menghasilkan berkas foton (sinar-X) dan berkas elektron (Alesini, 2016). Foton jika dioperasikan dengan energi 10 MV, selain dapat menghasilkan foton energi tinggi juga dapat menghasilkan radiasi tambahan berupa radiasi neutron (Hashemin dkk., 2008). LINAC dapat menghasilkan neutron melalui reaksi nuklir (γ, n)

How to Cite:

Bawa, I. B. P. P., Ratini, N. N., Sudarsana, W. B., Sutapa, G. N., Wibawa, I. M. S., Kasmawan, I. G. A., & Irhas, R. (2024). Analisis Laju Dosis Radiasi Neutron Pada Pekerja Radiasi Menggunakan Surveymeter di Instalasi Radioterapi. *Kappa Journal*, 8(3), 326-330. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.27296>

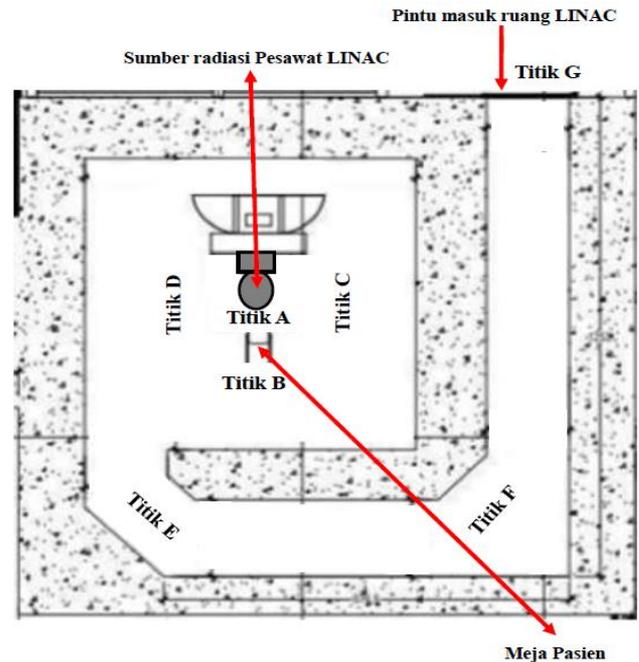
antara foton energi tinggi dan bahan dengan nomor atom tinggi. Reaksi nuklir lain antara foton dengan dinding ruangan, meja pasien, dan tubuh pasien sendiri juga memungkinkan dapat menghasilkan neutron (Szydłowski *et al.*, 2013). Adanya tambahan radiasi neutron tersebut dapat meningkatkan dosis pasien selama proses terapi dan jika mengenai organ tubuh yang sehat akan berpeluang untuk menimbulkan kanker sekunder maupun penyakit non-kanker lainnya. Adanya tambahan radiasi neutron juga dapat meningkatkan dosis yang diterima pekerja radiasi di Instalasi Radioterapi.

Berdasarkan Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013 tentang keselamatan radiasi dalam penggunaan radioterapi, ketentuan tentang Nilai Batas Dosis (NBD) yang diizinkan dimaksudkan untuk mengatur dengan lebih tegas nilai penyinaran dan dosis radiasi tertinggi yang masih diizinkan untuk diterima oleh pasien maupun pekerja radiasi dalam menjalankan tugasnya (Purwaningtyas, 2000). Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai laju dosis radiasi neutron pada titik maksimum di instalasi radioterapi setelah penyinaran dilakukan serta mengetahui apakah nilai laju dosis radiasi neutron terhadap pekerja radiasi di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah sudah sesuai dengan nilai NBD yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Metode

Penelitian ini dilakukan di Sub Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah di Denpasar. Alat dan bahan yang digunakan yaitu pesawat LINAC Merk Elekta, type/model *Pricise Treatment System*, dengan energi foton 10 MV, surveymeter neutron Merk Ludlum, type/model 2363 GAMMA/NEUTRON, *handphone, tripod handphone*, meteran rol. Faktor kalibrasi alat surveymeter neutron yang digunakan adalah 1,02. Sebelum melakukan pengukuran, dilakukan pengukuran dan pencatatan radiasi *background*. Surveymeter neutron diletakkan pada 7 titik pengukuran, mulai dari titik A, B, C, D, E, F, dan G, posisi pengambilan titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1. Atur jarak dari sumber radiasi ke surveymeter neutron yaitu 100 cm (titik A), kemudian radiasi diekspose dengan berkas foton energi 10 MV. Pengukuran dilakukan selama 10 menit setelah penyinaran dilakukan (saat sumber radiasi dalam keadaan mati). Kemudian dilanjutkan dengan pencatatan hasil bacaan surveymeter neutron. Data hasil pengukuran laju dosis radiasi neutron yang diamati ialah pada menit pertama yakni pada detik ke-1 hingga detik ke-60. Pada setiap titik dilakukan tiga kali pengukuran, setiap hasil dari laju dosis radiasi neutron yang diperoleh dari bacaan surveymeter pada masing-masing titik, dikurangi dengan radiasi

background sebesar $0,453 \mu\text{Sv/h}$ dan dikalikan dengan faktor kalibrasi sebesar 1,02.



Gambar 1. Denah ruang pesawat LINAC dan titik pengukuran.

Keterangan:

Titik A berada di bawah sumber radiasi dengan jarak 100 cm dari sumber radiasi pesawat LINAC.
 Titik B, C, D berada pada jarak 100 cm dari titik A
 Titik E berada 300 cm dari titik A
 Titik F berada 350 cm dari titik A
 Titik G berada 400 cm dari titik A

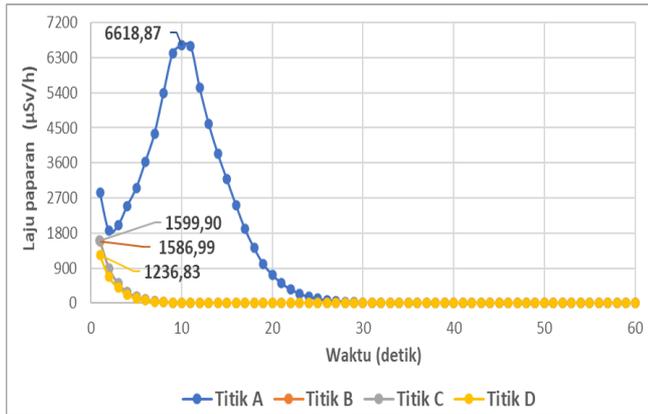
Hasil nilai laju dosis radiasi neutron pada detik ke-60 selanjutnya dikalikan dengan faktor bobot radiasi neutron untuk menentukan laju dosis ekuivalen yang didefinisikan sebagai hasil kali dosis serap (D) dan W_R dimana W_R adalah faktor bobot radiasi, dalam energi 10 MV faktor bobot radiasi neutron yaitu sebesar 10, hasil laju dosis ekuivalen kemudian dibandingkan dengan $\frac{1}{2}$ NBD pekerja radiasi untuk memastikan bahwa SPO yang berlaku di Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah No. YR.01.02/SPO.XIV.1.4.21/37087/2019 tentang pengoperasian pesawat LINAC pada energi foton 10 MV yang mengatakan, pekerja radiasi bisa masuk ke ruang LINAC 5 menit dari setelah penyinaran dilakukan, memang benar aman bagi pekerja radiasi atau tidak. Adapun NBD yang dapat diterima oleh pekerja radiasi pertahunnya dalam Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013 pasal 30 adalah sebesar, 20 mSv/tahun dan $\frac{1}{2}$ NBD dari pekerja radiasi yaitu sebesar 10

$mSv/tahun$ dalam Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013 pasal 41.

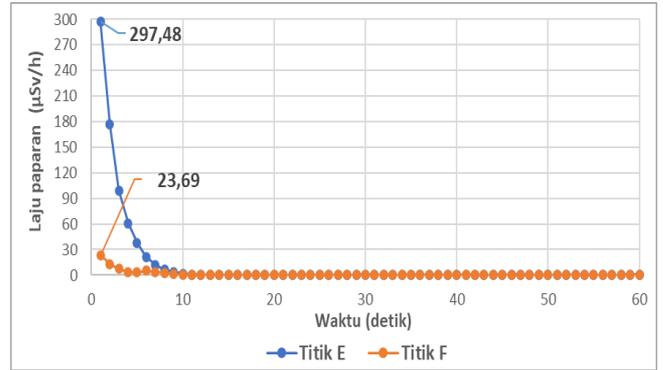
Kemudian dilakukan uji normalitas dan uji-t satu arah. Uji-t satu arah dilakukan untuk mengetahui apakah nilai laju dosis radiasi neutron yang didapatkan pada penelitian ini melampaui $\frac{1}{2}$ Nilai Batas Dosis yang ditentukan atau tidak, dengan cara membandingkan nilai t-hitung yang diperoleh dengan nilai t-tabel, adapun nilai t-tabel yang digunakan sebesar 1,67109. Syarat uji-t satu arah yaitu data yang digunakan telah terdistribusi normal, oleh karena itu sebelum melakukan uji-t satu arah dilakukan uji normalitas terhadap nilai laju dosis radiasi neutron dengan taraf signifikansi 0,05. Uji normalitas dan uji-t satu arah dilakukan menggunakan *software* SPSS versi 25.

Hasil dan Pembahasan

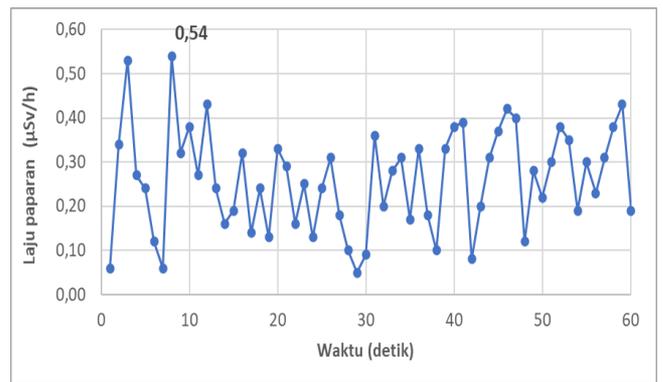
Hasil laju dosis radiasi neutron yang diperoleh pada pengukuran 1, 2, dan 3 pada masing-masing titik yang sudah dikurangi dengan radiasi *background*, dikalikan dengan faktor kalibrasi alat dan dirata-ratakan pada masing-masing titik, kemudian disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui nilai titik maksimum pada masing-masing titik.



Gambar 2. Grafik rata-rata laju dosis radiasi neutron pada titik A,B,C, dan D.



Gambar 3. Grafik rata-rata laju dosis radiasi neutron pada titik E dan F.



Gambar 4. Grafik rata-rata laju dosis radiasi neutron pada titik G.

Pada Gambar 2, pada titik A didapatkan rata-rata nilai laju dosis radiasi neutron berada pada titik maksimum sebesar $6618,87 \pm 959,50 \mu Sv/h$ pada detik ke-10, pada titik B sebesar $1586,99 \pm 113,95 \mu Sv/h$ pada detik ke-1, pada titik C sebesar $1599,90 \pm 210,98 \mu Sv/h$ pada detik ke-1, pada titik D sebesar $1236,83 \pm 113,94 \mu Sv/h$ pada detik ke-1. Pada Gambar 3, pada titik E didapatkan rata-rata nilai laju dosis radiasi neutron berada pada titik maksimum sebesar $297,48 \pm 41,79 \mu Sv/h$ pada detik ke-1 dan pada titik F sebesar $23,69 \pm 3,14 \mu Sv/h$ pada detik ke-1. Pada Gambar 4, pada titik G didapatkan rata-rata nilai laju dosis radiasi neutron berada pada titik maksimum sebesar $0,54 \pm 0,44 \mu Sv/h$ pada detik ke-8. Berdasarkan nilai laju dosis radiasi neutron yang diperoleh dari ke 7 titik dapat dikatakan bahwa, nilai laju dosis radiasi neutron paling maksimum berada pada titik A dengan besar laju dosis radiasi $6618,87 \mu Sv/h$. Hal tersebut disebabkan karena titik A berada langsung di bawah sumber radiasi, berdasarkan teori dari prinsip dasar proteksi radiasi yang mengatakan, semakin besar jarak antara sumber radiasi dan individu, maka radiasi akan berkurang (Bushong, 2013). Dari teori tersebut

memang benar adanya karena nilai laju dosis radiasi neutron yang diperoleh pada titik E, F, dan G lebih rendah dari titik A, B, C, dan D yang berada dekat dengan sumber radiasi.

Rata-rata laju dosis radiasi neutron pada detik ke-60 ditampilkan pada Tabel 1 kemudian dikalikan dengan faktor bobot radiasi neutron (W_R) untuk menentukan laju dosis ekuivalen, selanjutnya hasil laju dosis ekuivalen radiasi neutron dibandingkan dengan $\frac{1}{2}$ NBD dari pekerja radiasi yaitu sebesar $5 \mu Sv/h$ yang telah dikonversikan dari $10 mSv/tahun$ ke $\mu Sv/h$. Berdasarkan hasil laju dosis ekuivalen radiasi neutron yang telah didapatkan pada Tabel 2 dapat dikatakan bahwa, laju dosis ekuivalen pada titik A, B, C, D, E, F, dan G dengan berkas foton energi 10 MV pada menit pertama detik ke-60 setelah penyinaran dilakukan masih di bawah dari $\frac{1}{2}$ NBD pekerja radiasi dalam Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013, sehingga SPO yang berlaku di Sub Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah memang benar aman dan tidak berbahaya bagi pekerja radiasi.

Tabel 1. Rata-rata hasil pengukuran laju dosis radiasi neutron pada detik ke-60.

Titik Pengukuran	Laju dosis radiasi neutron ($\mu Sv/h$)			
	1	2	3	Rata-rata
Titik A	0,09	0,24	0,22	0,18±0,08
Titik B	0,39	0,22	0,36	0,32±0,09
Titik C	0,33	0,36	0,36	0,35±0,02
Titik D	0,22	0,39	0,09	0,23±0,15
Titik E	0,06	0,21	0,42	0,23±0,18
Titik F	0,10	0,42	0,07	0,20±0,19
Titik G	0,42	0,07	0,07	0,19±0,20

Tabel 2. Rata-rata hasil laju dosis radiasi neutron pada detik ke-60 dikalikan W_R dibandingkan dengan NBD pekerja radiasi.

TP	RM	W_R	HE	NBD	Ket.
A	0,18	10	1,8	5	Aman
B	0,32	10	3,2	5	Aman
C	0,35	10	3,5	5	Aman
D	0,23	10	2,3	5	Aman
E	0,23	10	2,3	5	Aman
F	0,20	10	2	5	Aman
G	0,19	10	1,9	5	Aman

Keterangan:

- TP** : Titik Pengukuran.
RM : Rata-rata laju dosis radiasi neutron pada detik ke-60 ($\mu Sv/h$).
 W_R : Faktor bobot radiasi neutron.
HE : Hasil laju dosis ekuivalen radiasi neutron ($\mu Sv/h$).

Berdasarkan analisis statistik, data laju dosis radiasi neutron dinyatakan telah terdistribusi normal ($< 0,05$) pada Tabel 3 dan hasil uji-t satu arah menunjukkan bahwa nilai t-hitung lebih kecil dari t-tabel maka, nilai laju dosis radiasi neutron pada 7 titik pengukuran (A-G) tidak melampaui $\frac{1}{2}$ NBD pekerja radiasi. Dengan kata lain, nilai laju dosis radiasi neutron masih di bawah dari $\frac{1}{2}$ NBD pekerja radiasi dalam Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013.

Tabel 3. Hasil uji normalitas dan hasil uji-t satu arah

Titik Pengukuran	Tests of Normality	
	Sig.	t
Titik A	.200*	-196.557
Titik B	.200*	-307.490
Titik C	.200*	-561.405
Titik D	.200*	-1048.643
Titik E	.200*	-2025.382
Titik F	.200*	-287.456
Titik G	.200*	-316.617

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai laju dosis radiasi neutron di Sub Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah pada menit pertama detik ke-60 setelah penyinaran dilakukan masih di bawa dari standar NBD pekerja radiasi dalam Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013. Hal ini juga dibuktikan dengan menggunakan uji-t satu arah dengan menggunakan *software* SPSS versi 25.

Referensi

- Alesini, David. 2016. Linear Accelerators, The CERN accerator School. Retrieved from Budafest: https://indico.cern.ch/event/532397/contributions/2170633/attachments/1343755/2049275/Alesini_LINEAR_ACCELERATORS.pdf.
- Astuti., Sahara., dan Zelviani, S. 2018. Pengukuran Laju Dosis Paparan Radiasi Hambur Pada Ruang Computer Tomography (CT) Scan di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 5(2). <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft/article/view/16110>.
- BAPETEN. 2013. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi.

- Bushong, SC, 2013 *Radiologic Science For Technologist*. Baylor college of medicine, Houston, Texas. <https://doi.org/10.20473/jbp.v23i2.2021.75-86>.
- Firmansyah, M. A., Juswono, U. P., Bunawas. 2014. Pengukuran Neutron Cepat di Ruang Linac Medis Menggunakan Detektor Jejak Nuklir CR-39. <https://media.neliti.com/media/publications/158884-ID-pengukuran-neutron-cepat-di-ruang-linac.pdf>.
- Hashemi, S.M., B. Hashemi-Malayeri, G. Raisali, P. Shokrani, A.A. Sharafi & F. Torkzadeh. 2008. Measurement of photoneutron dose produced by wedge filters of a high energy linac using polycarbonate films. *J. Radiat. Res.*49(3) :279-283. <http://dx.doi.org/10.1269/jrr.07066>.
- Purwaningtyas. 2000. *Evaluasi Penerimaan Dosis Paparan Radiasi Pekerja*. Yogyakarta: BATAN.
- Rosyida, N. 2016. Pengukuran Laju Dosis Paparan Radiasi Eksternal di Area Radioterapi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://scholar.google.co.id/scholar?oi=bibs&cluster=1522867276702040399&btnI=1&hl=id>.
- Suharmono, B. H., Anggraini, I. Y., Hilmaniyya., Astuti, S. D. (2020). Quality Assurance (QA) dan Quality Control Pada Instrumen Radioterapi Pesawat LINAC. 22(2), <https://ejournal.unair.ac.id/BIOPASCA/article/download/23375/12750/89975>.
- Suharmono, B. H., Emhayana, T., Dinata, B. F., Astuti, S. D. (2021). Penatalaksanaan QA dan QC Untuk Efektivitas Dan Keamanan Brakhiterapi Intrakaviter. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 23(2), <https://doi.org/10.20473/jbp.v23i2.2021.87-98>.
- Szydlowski, A., M. Jaskola, A. Malinowska, S. PsZona, A. Wysocka Rabin, A. Korman, K. Pytel, R. Prokopowicz, J. Rostkowska, W. Bulski and M. Kuk. 2013. Application of nuclear track detectors as sensors for photoneutrons generated by medical accelerators. *Radiation Measurements*. 50:74-77. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2012.06.011>.
- WHO. (2022). *Cancer*. Diambil dari <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/cancer>. (Diakses tanggal 10 April 2024)
- Winarno., Nurmansya, V. A., Miskiyah, Z. (2021). Radioterapi Kanker Cervix Dengan Linear Accelerator (LINAC). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 23(2),