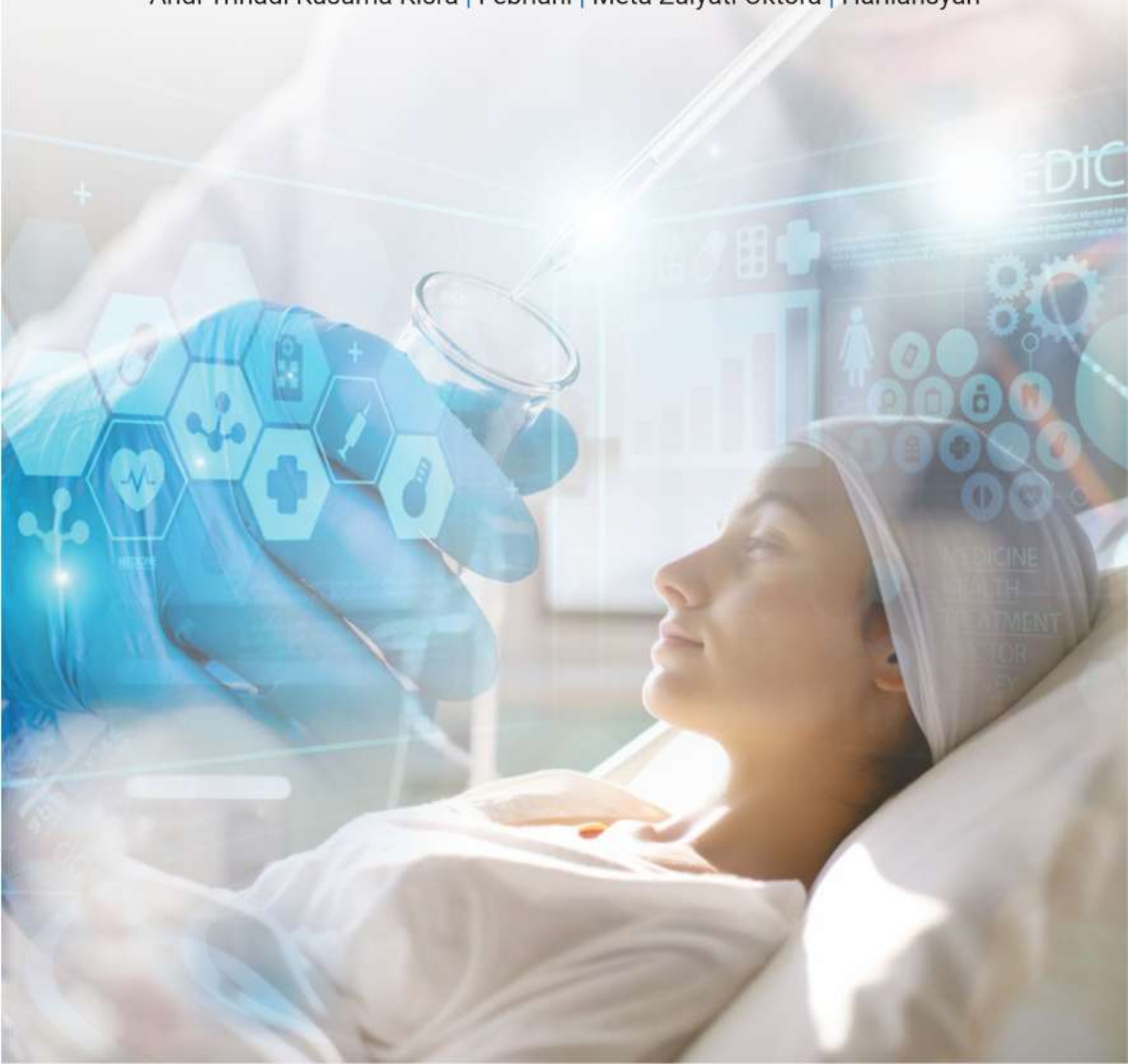


EDITOR
apt. Yuri Pratiwi Utami, S.Farm., M.Si.
dr. Zida Maulina Aini, M.Ked.Trop., Sp.Rad.



RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI

Rahmah Mustarin | Nur Ida | Arshy Prodyanatasari
M. Rakhmat Ersyad Muchlis | Elvita Rahmi Daulay | Atep Dian Supardan
Noni Novisari Soeroso | Deviana | Fathiya Juwita Hanum
Andi Trihadi Kusuma Kisra | Febriani | Meta Zulyati Oktora | Harliansyah



RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI

Buku Radiofarmasi dan Kemoterapi yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 13 Bab:

- Bab 1 Radiofarmasi dan Kemoterapi
- Bab 2 Aplikasi Radiofarmasi
- Bab 3 Radiasi dan Efek Radiasi
- Bab 4 Radionuklida
- Bab 5 Deteksi *Positron Emission Tomography* (PET)/Deteksi SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*)
- Bab 6 Radiofarmasi Rumah Sakit dan Keselamatan Kerja
- Bab 7 Kanker Paru
- Bab 8 Karsinoma Nasofaring
- Bab 9 Kanker Otak
- Bab 10 Kanker Kelenjar Getah Bening (Limfoma) - Pemahaman, Penanganan, dan Skema Terbentuknya
- Bab 11 Kanker Serviks
- Bab 12 Kanker Tiroid
- Bab 13 Kanker Kemoprevensi



Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-634-248-340-4



9 786342 483404

RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI

apt. Rahmah Mustarin, S.Farm., M.PH.

apt. Nur Ida, S.Si., M.Si.

Arshy Prodyanatasari, M.Pd.C.Ed.

drg. M. Rakhmat Ersyad Muchlis, S.H., Sp.RKG.

**Dr. dr. Elvita Rahmi Daulay, M.Ked(Rad)., Sp.Rad.,
Subspes.RI(K).**

Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.

**Prof. Dr. dr. Noni Novisari Soeroso, M.Ked(Paru)., Sp.P(K).,
FISR., FAPSR.**

dr. Deviana, Sp.THT-KL.

dr. Fathiya Juwita Hanum, Sp.Onk.Rad.

apt. Andi Trihadi Kusuma Kisra, S.Farm., M.Si.

dr. Febriani, Sp.OG., Subsp.KFm.

dr. Meta Zulyati Oktora, Sp.PA., M.Biomed.

Assoc. Prof. Harliansyah, Ph.D.



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI

Penulis : apt. Rahmah Mustarin, S.Farm., M.PH. |
apt. Nur Ida, S.Si., M.Si. | Arshy Prodyanatasari,
M.Pd.C.Ed. | drg. M. Rakhmat Ersyad Muchlis,
S.H., Sp.RKG. | Dr. dr. Elvita Rahmi Daulay,
M.Ked(Rad)., Sp.Rad., Subspes.RI(K). | Atep
Dian Supardan, S.Si., M.Si. | Prof. Dr. dr. Noni
Novisari Soeroso, M.Ked(Paru)., Sp.P(K)., FISR.,
FAPSR. | dr. Deviana, Sp.THT-KL. | dr. Fathiya
Juwita Hanum, Sp.Onk.Rad. | apt. Andi Trihadi
Kusuma Kisra, S.Farm., M.Si. | dr. Febriani,
Sp.OG., Subsp.KFm. | dr. Meta Zulyati Oktora,
Sp.PA., M.Biomed. | Assoc. Prof. Harliansyah,
Ph.D.

Editor : apt. Yuri Pratiwi Utami, S.Farm., M.Si.
dr. Zida Maulina Aini, M.Ked.Trop., Sp.Rad.

Desain Sampul : Firman Isma'il

Tata Letak : Amini Nur Ihwati

ISBN : 978-634-248-340-4

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, AGUSTUS 2025**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2025

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan buku ini. Penulisan buku merupakan buah karya dari pemikiran penulis yang diberi judul “Radiofarmasi dan Kemoterapi”. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Buku Radiofarmasi dan Kemoterapi yang berada ditangan pembaca ini disusun dalam 13 Bab yaitu:

- Bab 1 Radiofarmasi dan Kemoterapi
- Bab 2 Aplikasi Radiofarmasi
- Bab 3 Radiasi dan Efek Radiasi
- Bab 4 Radionuklida
- Bab 5 Deteksi *Positron Emission Tomography* (PET)/Deteksi SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*)
- Bab 6 Radiofarmasi Rumah Sakit dan Keselamatan Kerja
- Bab 7 Kanker Paru
- Bab 8 Karsinoma Nasofaring
- Bab 9 Kanker Otak
- Bab 10 Kanker Kelenjar Getah Bening (Limfoma) – Pemahaman, Penanganan, dan Skema Terbentuknya
- Bab 11 Kanker Serviks
- Bab 12 Kanker Tiroid
- Bab 13 Kanker Kemoprevensi

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga buku ini akan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Pengantar Radiofarmasi.....	3
C. Pengantar Kemoterapi.....	10
DAFTAR PUSTAKA.....	25
BAB 2 APLIKASI RADIOFARMASI	27
A. Pendahuluan.....	27
B. Aplikasi Radiofarmasi dalam Diagnosis.....	28
C. Aplikasi Radiofarmasi dalam Terapi.....	30
D. Aplikasi Theranostic dalam Radiofarmasi.....	33
E. Aplikasi Radiofarmasi dalam Pengembangan Obat Baru	37
DAFTAR PUSTAKA.....	41
BAB 3 RADIASI DAN EFEK RADIASI.....	45
A. Peran Radiasi dalam Pengobatan Kanker.....	45
B. Dasar-Dasar Radiasi.....	46
C. Mekanisme Dasar Efek Radiasi pada Sel	47
D. Dampak Kesehatan akibat Paparan Radiasi.....	50
E. Manajemen Efek Samping Radiasi	55
DAFTAR PUSTAKA.....	63
BAB 4 RADIONUKLIDA	70
A. Pendahuluan.....	70
B. Definisi dan Sifat-Sifat Radionuklida	72
C. Kegunaan Radionuklida secara Umum	75
D. Kegunaan Radionuklida dalam Bidang Kedokteran Gigi	77
E. Efek-Efek Radiasi Radionuklida	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81
BAB 5 DETEKSI POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY (PET)/DETEKSI SPECT (SINGLE PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY).....	84
A. Pendahuluan.....	84
B. Prinsip Dasar Pencitraan Nuklir	85

	C. PET.....	92
	D. SPECT.....	98
	E. Aplikasi Klinis Pencitraan Nuklir (PET dan SPECT)	102
	DAFTAR PUSTAKA	103
BAB 6	RADIOFARMASI RUMAH SAKIT DAN KESELAMATAN KERJA.....	108
	A. Pendahuluan	108
	B. Klasifikasi dan Jenis Radiofarmaka	109
	C. Prosedur Produksi dan Pengendalian Mutu Radiofarmaka	111
	D. Penyimpanan dan Transportasi Radiofarmaka.....	113
	E. Keselamatan Radiasi dalam Praktik Radiofarmasi Rumah Sakit	115
	F. Manajemen Limbah Radioaktif di Rumah Sakit	117
	G. Protokol Penanggulangan Kecelakaan Radioaktif di Rumah Sakit.....	118
	H. Pelatihan dan Sertifikasi Petugas Radiofarmasi.....	120
	I. Strategi Peningkatan Budaya Keselamatan di Unit Radiofarmasi Rumah Sakit	122
	DAFTAR PUSTAKA	125
BAB 7	KANKER PARU	129
	A. Pendahuluan	129
	B. Definisi	129
	C. Etiologi	130
	D. Patogenesis Kanker Paru	130
	E. Faktor Risiko	131
	F. Klasifikasi Kanker Paru	133
	G. Prosedur Diagnostik.....	134
	H. Tatalaksana Kanker Paru.....	138
	I. Skrining dan Deteksi Dini Kanker Paru	142
	DAFTAR PUSTAKA	146
BAB 8	KARSINOMA NASOFARING	148
	A. Pendahuluan	148
	B. Epidemiologi	148
	C. Etiologi	149

	D. Histopatologi	150
	E. Manifestasi Klinis	150
	F. Diagnosis	152
	G. Stadium.....	154
	H. Tatalaksana	156
	I. Prognosis	162
	DAFTAR PUSTAKA.....	164
BAB 9	KANKER OTAK	166
	A. Pendahuluan.....	166
	B. Dasar Biologi dan Patofisiologi Kanker Otak.....	168
	C. Konsep Radiofarmasi dalam Onkologi	170
	D. Aplikasi Klinis Radiofarmasi pada Kanker Otak.....	172
	E. Kemoterapi untuk Kanker Otak.....	174
	DAFTAR PUSTAKA.....	177
BAB 10	KANKER KELENJAR GETAH BENING (LIMFOMA) - PEMAHAMAN, PENANGANAN, DAN SKEMA TERBENTUKNYA	183
	A. Pendahuluan.....	183
	B. Anatomi dan Fungsi Kelenjar Getah Bening	183
	C. Jenis-Jenis Kanker Kelenjar Getah Bening	183
	D. Penyebab dan Faktor Risiko	184
	E. Gejala Kanker Kelenjar Getah Bening	187
	F. Skema Terbentuknya Kanker Kelenjar Getah Bening.....	189
	G. Diagnosis Kanker Kelenjar Getah Bening	190
	H. Pengobatan Kanker Kelenjar Getah Bening	192
	I. Contoh Kasus dan Penanganan	194
	J. Prognosis dan Pencegahan	196
	K. Bahan-Bahan Herbal untuk Kanker Kelenjar Getah Bening (Limfoma)	197
	L. Mekanisme Umum Herbal Antikanker.....	198
	DAFTAR PUSTAKA.....	199
BAB 11	KANKER SERVIKS	201
	A. Anatomi dan Definisi.....	201
	B. Etiologi dan Faktor Risiko.....	203
	C. Patofisiologi	204

	D. Diagnosis	207
	E. Klasifikasi	210
	F. Tatalaksana.....	211
	G. Radiofarmasi dan Kemoterapi.....	212
	DAFTAR PUSTAKA	220
BAB 12	KANKER TIROID	228
	A. Pendahuluan	228
	B. Patofisiologi dan Karakteristik Molekuler	230
	C. Diagnosis Kanker Tiroid.....	231
	D. Penatalaksanaan Umum Kanker Tiroid	233
	E. Radiofarmasi pada Kanker Tiroid.....	234
	F. Kemoterapi pada Kanker Tiroid.....	236
	G. Perkembangan Terkini dan Riset Masa Depan dalam Terapi Kanker Tiroid.....	237
	H. Kesimpulan	239
	DAFTAR PUSTAKA	241
BAB 13	KANKER KEMOPREVENSI	243
	A. Pendahuluan	243
	B. Tahapan Mekanisme	246
	C. Pemanfaat Bahan Alam sebagai Agen Kemoprevensi	253
	D. Penutup.....	256
	DAFTAR PUSTAKA.....	257
	TENTANG PENULIS	259



RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI

apt. Rahmah Mustarin, S.Farm., M.PH.

apt. Nur Ida, S.Si., M.Si.

Arshy Prodyanatasari, M.Pd.C.Ed.

drg. M. Rakhmat Ersyad Muchlis, S.H., Sp.RKG.

**Dr. dr. Elvita Rahmi Daulay, M.Ked(Rad)., Sp.Rad.,
Subspes.RI(K).**

Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.

**Prof. Dr. dr. Noni Novisari Soeroso, M.Ked(Paru)., Sp.P(K).,
FISR., FAPSR.**

dr. Deviana, Sp.THT-KL.

dr. Fathiya Juwita Hanum, Sp.Onk.Rad.

apt. Andi Trihadi Kusuma Kisra, S.Farm., M.Si.

dr. Febriani, Sp.OG., Subsp.KFm.

dr. Meta Zulyati Oktora, Sp.PA., M.Biomed.

Assoc. Prof. Harliansyah, Ph.D.



BAB

1

RADIOFARMASI DAN KEMOTERAPI

apt. Rahmah Mustarin, S.Farm., M.PH.

A. Pendahuluan

Pengantar Radiofarmasi dan Kemoterapi dalam Konteks Terapi Kanker. Dalam upaya mengatasi penyakit kanker yang kompleks, dua pilar utama dalam modalitas pengobatan adalah radiofarmasi dan kemoterapi. Meskipun keduanya memiliki tujuan akhir yang sama – menghancurkan sel kanker – pendekatan, mekanisme kerja, dan profil efek sampingnya sangat berbeda. Memahami dasar-dasar kedua metode ini sangat penting untuk mengapresiasi bagaimana mereka saling melengkapi atau bahkan bersaing dalam strategi penanganan kanker modern.

Pengantar Radiofarmasi menerangkan mengenai radiofarmasi yang merupakan cabang ilmu multidisiplin yang berfokus pada pengembangan, produksi, dan penggunaan senyawa radioaktif, yang dikenal sebagai radiofarmaka, untuk tujuan diagnostik dan terapeutik dalam kedokteran. Dalam konteks terapi kanker, radiofarmaka terapeutik memanfaatkan sifat emisi radiasi dari isotop radioaktif yang dikandungnya untuk menghancurkan sel-sel kanker secara terarah.

Radiofarmaka terapeutik dirancang untuk secara selektif berakumulasi di sel-sel kanker atau di lingkungan mikro tumor. Setelah berakumulasi, isotop radioaktif akan meluruh dan memancarkan radiasi (misalnya, partikel beta, partikel alfa, atau elektron Auger) yang menyebabkan kerusakan DNA dan

DAFTAR PUSTAKA

- Advancements in Chemotherapy: Latest Treatments and Technologies - Dr Vijay Anand Reddy. (<https://drvijayanandreddy.com/advancements-in-chemotherapy-latest-treatments-and-technologies/>)
- American Cancer Society. (2024). How Chemotherapy Drug Works. Retrieved from <https://www.cancer.org/cancer/managing-cancer/>
- Bertino, J. R., & Winer, E. P. (2018). History of Oncology. In Niederhuber, J. E., Armitage, J. O., Doroshow, J. H., Kastan, J. B., & Tepper, J. E. (Eds.), *Abeloff's Clinical Oncology* (6th ed., pp. 3-19). Elsevier.
- Cancer Chemotherapy - StatPearls - NCBI Bookshelf. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564367/>)
- Cancer chemotherapy and beyond: (<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10310991/>)
- Cancer Chemotherapy: A Review - (https://www.researchgate.net/publication/383574352_CANCER_CHEMOTHERAPY_A_REVIEW)
- Chabner, B. A., & Roberts, T. G., Jr. (2005). Chemotherapy and the War on Cancer. *Nature Reviews Cancer*, 5(1), 65-72.
- Cherry, S. R., Sorenson, J. A., & Phelps, M. E. (2012). *Physics in Nuclear Medicine*. Saunders.
- Dadachova, E., & Revskaya, E. (2018). Radiopharmaceutical Therapy. *Seminars in Nuclear Medicine*, 48(4), 319-327.
- Devita, V. T., Jr., & Chu, E. (2008). A History of Cancer Chemotherapy. *Cancer Research*, 68(21), 8643-8653.
- Elgazzar, A. H. (Ed.). (2014). *Essentials of Nuclear Medicine Imaging*. Elsevier Saunders.

- Farber, S., Diamond, L. K., Mercer, R. D., Sylvester, M. A., & Wolff, J. A. (1948). Temporary Remissions in Acute Leukemia in Children Produced by Folic Acid Antagonist, 4-Aminopteroylglutamic Acid (Aminopterin). *New England Journal of Medicine*, 238(23), 787–793.
- Frei, E., III, & Freireich, E. J. (1965). Progress in Acute Leukemia. *Cancer*, 18(10), 1293–1300.
- Goodman, L. S., Wintrobe, M. M., Dameshek, W., Goodman, M. J., Gilman, A., & McLennan, E. S. (1946). Nitrogen Mustard Therapy: Use of Methyl-bis(β -chloroethyl) amine Hydrochloride and Tris(β -chloroethyl)amine Hydrochloride for Hodgkin's Disease, Lymphosarcoma, Leukemia and Certain Allied Lymphatic.
- Longley, D. B., & Johnston, P. G. (2005). Molecular Mechanisms of Drug Resistance. *Journal of Pathology*, 205(2), 275–292.
- Nanomedicines: Emerging Platforms in Smart Chemotherapy Treatment – A Recent Review - MDPI. (<https://www.mdpi.com/1424-8247/17/3/315>)
- National Cancer Institute. Dose-Dense Chemotherapy. Retrieved from <https://www.cancer.gov/about-cancer/treatment/types/chemotherapy/dose-dense>
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) - StatPearls. Radiopharmaceuticals. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554440/>)
- Ponto, J. A. (2016). Mechanisms of Radiopharmaceutical Localization. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 44(4), 237–245
- Saha, G. B. (2010). *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. Springer.

BAB 2 | APLIKASI RADIOFARMASI

apt. Nur Ida, S.Si., M.Si.

A. Pendahuluan

Radiofarmasi adalah bidang ilmu interdisipliner yang memadukan farmasi, kimia, fisika nuklir, biologi molekuler, dan kedokteran klinis untuk mengembangkan agen diagnostik maupun terapeutik yang menggunakan radionuklida. Pemanfaatan isotop radioaktif di dunia medis telah mengalami kemajuan pesat selama lebih dari tujuh dekade terakhir. Saat ini, radiofarmasi menjadi komponen penting dalam penatalaksanaan berbagai penyakit, mulai dari kanker, gangguan jantung, kelainan neurologis, hingga terapi personalisasi yang menargetkan molekul tertentu. (Jankovic et al., 2022; Pillai et al., 2020).

Salah satu keunggulan utama radiofarmasi adalah kemampuannya dalam mendeteksi tidak hanya kelainan anatomi, tetapi juga gangguan pada tingkat molekuler dan biokimia secara sangat dini, bahkan sebelum tanda-tanda klinis muncul (Cherry et al., 2012). Di samping itu, kemajuan teknologi theranostic memungkinkan radiofarmaka dimanfaatkan secara bersamaan untuk keperluan diagnosis dan pengobatan, sehingga mendukung terciptanya era terapi yang sepenuhnya bersifat individual.

DAFTAR PUSTAKA

- Baum, R. P., Kulkarni, H. R., & Singh, A. (2011). Theranostics: Combining diagnosis and therapy in nuclear medicine. *Indian Journal of Nuclear Medicine*, 26(2), 67-68.
- Baum, R. P., Kulkarni, H. R., & Singh, A. (2021). Theranostics: From molecular imaging using Ga-68 labeled tracers and PET/CT to personalized radionuclide therapy-the Bad Berka experience. *Theranostics*, 11(21), 9960-9974.
- Boellaard, R., Delgado-Bolton, R., Oyen, W. J. G., Giammarile, F., Tatsch, K., Eschner, W., ... & Pruim, J. (2015). FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 42(2), 328-354.
- Cherry, S.R., Sorenson, J.A., & Phelps, M.E. (2012). *Physics in Nuclear Medicine* (4th ed.). Elsevier Saunders.
- Dijkers, E. C., et al. (2010). Biodistribution of ⁸⁹Zr-trastuzumab and PET imaging of HER2-positive lesions in patients with metastatic breast cancer. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 87(5), 586-592.
- Durante, C., et al. (2018). Long-term outcome of distant metastases in differentiated thyroid cancer: benefits of radioiodine therapy. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 103(7), 2496-2504.
- Durante, C., Haddy, N., Baudin, E., Leboulleux, S., Hartl, D., Travagli, J. P., ... & Schlumberger, M. (2018). Long-term outcome of 444 patients with distant metastases from papillary and follicular thyroid carcinoma: benefits and limits of radioiodine therapy. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 91(8), 2892-2899.
- Gheysens, O., et al. (2021). Myocardial perfusion SPECT in 2020. *Journal of Nuclear Cardiology*, 28(4), 1625-1634.

- Hellwig, D., Graeter, T. P., Ukena, D., Kirsch, C. M., & Biedermann, T. (2020). PET and PET/CT for the evaluation of lung cancer. *Seminars in Nuclear Medicine*, 50(3), 215–226.
- Herrmann, K., et al. (2020). The dawn of a new era of theranostics: An international perspective. *Journal of Nuclear Medicine*, 61(1), 13-19.
- Hodi, F. S., et al. (2018). 18F-FDG PET as an early biomarker of clinical outcome in melanoma patients treated with pembrolizumab. *Journal of Clinical Oncology*, 36(15), 1584-1590.
- Hofman, M. S., Violet, J., Hicks, R. J., Ferdinandus, J., Thang, S. P., Akhurst, T., ... & Murphy, D. G. (2020). [177Lu]Lu-PSMA-617 versus cabazitaxel in patients with metastatic castration-resistant prostate cancer (TheraP): a randomised, open-label, phase 2 trial. *The Lancet*, 397(10276), 797-804.
- Huang, S. C., et al. (2021). Clinical applications of molecular imaging in drug development. *Journal of Nuclear Medicine*, 62(8), 1074-1082.
- Jankovic, D., Müller, C., & Müller, A. (2022). Theranostics: An emerging concept in personalized medicine. *Pharmaceuticals*, 15(7), 849.
- Konieczna, A., et al. (2020). Use of PET imaging to evaluate P-glycoprotein inhibition in epilepsy therapy development. *Neurotherapeutics*, 17(4), 1884-1894.
- Kratochwil, C., et al. (2021). Fibroblast activation protein targeted PET/CT: Tracer uptake in 28 different kinds of cancer. *Journal of Nuclear Medicine*, 62(4), 558-564.
- Lappin, G., & Garner, R. C. (2008). Big physics, small doses: the use of AMS and PET in human microdosing of development drugs. *Nature Reviews Drug Discovery*, 7(4), 309-317.
- Lee, J. H., et al. (2019). 18F-FES PET in the evaluation of metastatic breast cancer: an update. *Seminars in Nuclear Medicine*, 49(3), 208-218.

- Meyer, J. H., et al. (2004). Occupancy of serotonin transporters by paroxetine and citalopram during treatment of depression: a PET study with [11C] DASB. *American Journal of Psychiatry*, 161(5), 826-835.
- Müller, C., et al. (2022). Theranostics: Current status and future directions. *Clinical Cancer Research*, 28(10), 1970-1980.
- Parker, C., Nilsson, S., Heinrich, D., Helle, S. I., O'Sullivan, J. M., Fossa, S. D., ... & Sartor, O. (2013). Alpha emitter radium-223 and survival in metastatic prostate cancer. *New England Journal of Medicine*, 369(3), 213-223.
- Patterson, D. M., et al. (2023). Organ-on-chip models for nuclear medicine and radiopharmaceutical research. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 50(2), 435-449.
- Pillai, M. R. A., Dash, A., Knapp, F. F., & Krishnamurthy, G. T. (2020). *Radiopharmaceuticals: Production and Availability*. Springer.
- Rahmim, A., & Zaidi, H. (2019). PET versus SPECT: strengths, limitations and challenges. *Nuclear Medicine Communications*, 39(3), 193-207.
- Salem, R., Gabr, A., Riaz, A., & Lewandowski, R. J. (2021). Transarterial radioembolization for hepatocellular carcinoma: A comprehensive review. *Seminars in Liver Disease*, 41(1), 49-64.
- Sandström, M., Sundlöv, A., Garske-Román, U., & Lubberink, M. (2022). AI-based dosimetry: The future of personalized radionuclide therapy. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 49(7), 2122-2130.
- Sartor, O., de Bono, J., Chi, K. N., Fizazi, K., Herrmann, K., Rahbar, K., ... & Morris, M. J. (2021). Lutetium-177-PSMA-617 for metastatic castration-resistant prostate cancer. *New England Journal of Medicine*, 385(12), 1091-1103.

- Strosberg, J., El-Haddad, G., Wolin, E., Hendifar, A., Yao, J., Chasen, B., ... & Kulke, M. (2017). Phase 3 trial of ^{177}Lu -Dotatate for midgut neuroendocrine tumors. *New England Journal of Medicine*, 376(2), 125-135.
- Villemagne, V. L., Doré, V., Burnham, S. C., Masters, C. L., & Rowe, C. C. (2018). Imaging tau and amyloid- β proteinopathies in Alzheimer disease and other conditions. *Nature Reviews Neurology*, 14(4), 225-236.
- Wang, H., et al. (2021). Molecular imaging of pulmonary fibrosis with fibroblast activation protein-targeted PET. *Journal of Nuclear Medicine*, 62(9), 1390-1397.
- Wong, C. H., Siah, K. W., & Lo, A. W. (2019). Estimation of clinical trial success rates and related parameters. *Biostatistics*, 20(2), 273-286

BAB 3

RADIASI DAN EFEK RADIASI

Arshy Prodyanatasari, M.Pd.C.Ed.

A. Peran Radiasi dalam Pengobatan Kanker

Radiasi pengion memegang peran krusial dalam pengobatan kanker sebagai modalitas terapi yang efektif baik sebagai pengobatan kuratif, adjuvan, maupun paliatif. Berdasarkan mekanisme aksinya, radiasi menginduksi kerusakan DNA sel tumor melalui **efek langsung** (ionisasi molekul DNA) dan **efek tidak langsung** (pembentukan radikal bebas yang merusak komponen seluler). Kerusakan ini terutama memengaruhi sel-sel yang memiliki **karakteristik proliferasi cepat dan kemampuan perbaikan DNA yang terganggu**, yang merupakan ciri khas sel kanker (Romli, 2016). Terapi radiasi pada pengobatan kanker menggunakan sinar berenergi tinggi, seperti sinar-X, gamma, atau proton untuk menghancurkan sel kanker atau menghambat pertumbuhannya. Jenis terapi radiasi, meliputi (Utami, 2023):

1. **Radiasi eksternal:** sumber radiasi berasal dari luar tubuh, seperti *Linear accelerator* (LINAC).
2. **Radiasi internal (brakiterapi):** sumber terapi ditempatkan di dalam atau dekat tumor.
3. **Radiofarmasi sistemik:** senyawa radioaktif yang disuntikkan atau ditelan, misalnya: Iodium-131 untuk kanker tiroid.

DAFTAR PUSTAKA

- Ameixa, J., 2020. Collision studies with electro-sprayed biomolecules. pp. 10.13140/RG.2.2.14039.60328. Diakses pada: https://www.researchgate.net/figure/Dose-response-relationships-for-deterministic-tissue-reactions-as-well-as-for_fig2_350440753.
- Andreassen, C. N. G. C. & L. J. C., 2003. Chemical radioprotection: a critical review of amifostine as a cytoprotector in radiotherapy. In *Seminars in radiation oncology*, pp. 13(1), 62-72. WB Saunders. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053429603500091>.
- Andriyani, W. R. M. K. P. K. N. U. F. S. K. P. & Y. W., 2024. *Biomarker*. Makasar: Tohar Media.
- Anggrainingsih, F. F. L. I. A. N. R. S. T. U. A. P. & K. S., 2021. *Proteksi Radiasi Bagi Radiografer Dan Pasien Pada Pemeriksaan Panoramik (Doctoral dissertation, Universitas' Aisyiyah Yogyakarta)*., Yogyakarta: Universitas' Aisyiyah Yogyakarta. Diakses pada: <http://digilib.unisayogya.ac.id/5990/>.
- Arshy Prodyanasari, D. A. J. B. S. F. F. R. B. N. F. S. Z. M. S. L. S. N. S. R. A. R., 2024. *Pengantar Fisika Kedokteran*. Padang: GET Press.
- Astronuclphysisc, t.thn. *Influence of ionizing radiation on living organisms - risks and use in medicine*. [Online] Available at: https://astronuclphysics-info.translate.google/RadiacniOchrana.htm?x_tr_sl=en&x_tr_tl=id&x_tr_hl=id&x_tr_pto=imgs
- El-Deiry, W. S., 2003. The role of p53 in chemosensitivity and radiosensitivity. *Oncogene*, pp. 22(47), 7486-7495. Retrieved from: <https://www.nature.com/articles/1206949>.
- Eri Hiswara, S. D., 2024. *Pengantar Sistem Proteksi Radiasi*, Jakarta: BRIN.

- Fasihah Hanum, M. Y., 2016. *haracterisation and application of carbon doped aluminium oxide optically stimulated luminescence dosimeter in megavoltage photon beams for radiotherapy*/Fasihah Hanum Md Yusof (Doctoral dissertation, University of Malaya)., Malaysia: Universitas of Malaya. Retrieved from: <http://studentsrepo.um.edu.my/7282/>.
- Febriani, A. & R. Y., 2019. Efek Samping Hematologi Akibat Kemoterapi dan Tatalaksananya. *Jurnal Respirasi*, pp. 5(1), 22-28. Diakses pada: <https://e-journal.unair.ac.id/JR/article/download/14317/9740>.
- Februanti, S., 2020. *Asuhan Keperawatan Pada Pasien Kanker Serviks: Terintegrasi Dengan Standar Diagnosis Keperawatan Indonesia (SDKI), Standar Luaran Keperawatan Indonesia (SLKI), Dan Standar Intervensi Keperawatan Indonesia (SIKI)* PPNI. Yogyakarta: Depublish.
- Fitriatuzzakiyyah, N. S. R. K. & P. I. M., 2017. Terapi kanker dengan radiasi: konsep dasar radioterapi dan perkembangannya di Indonesia. *Jurnal Farmasi Klinik Indonesia*, pp. 6(4), 311-320. Diakses pada: https://www.researchgate.net/profile/Rano-Sinuraya/publication/324457928_Cancer_Therapy_with_Radiation_The_Basic_Concept_of_Radiotherapy_and_Its_Development_in_Indonesia/links/5b51d3a5a6fdcc8dae30493e/Cancer-Therapy-with-Radia.
- Ginex, P. K., 6. Radiodermatitis in patients with cancer: systematic review and meta-analysis. *ONF.ONS.ORG*, pp. 225-236. Retrieved from: <http://onf.ons.org/system/files/journal-article-pdfs/GinexRadiodermSysReview.pdf>.
- Hidayatullah, R. B. H. D. B. & A. E., 2021. Peptide Receptor Radionuclide Therapy. *Jurnal Kedokteran*, pp. 10(1), 328-337. Diakses pada: <https://jku.unram.ac.id/index.php/jk/article/view/480>.

- Hidayatullah, R., 2017. Dampak tingkat radiasi pada tubuh manusia. *Jurnal Mutiara Elektromedik*, pp. 1(1), 24-33. Diakses pada: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/Elektromedik/article/view/140>.
- Kadir, A. B. A. S. N. Z. A. A. O. M. A. R. & S. H., 2016. Reproducibility Test for Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD) Nano dot Type Using Cobalt-60 Gamma Source. *IAEA*, pp. (No. INIS-MY--2017-060). Retrieved from: <https://inis.iaea.org/records/qy5h8-1mc96>.
- Kashihara, T. & K. K., 2021. Radiotherapy with genomic-adjusted radiation dose. *The Lancet Oncology*, pp. 22(11), e468. Retrieved from: [https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(21\)00541-6/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(21)00541-6/abstract).
- Khoiri, A., 2024. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Radiasi di Instalasi Radiologi RSI Ibnu Sina (Doctoral dissertation, Universitas Awal Bros)*, Pekanbaru: Universitas Awal Bros. Diakses pada: <http://repository.univawalbros.ac.id/380/>.
- King, M. J. S. A. A. T. T. V. N. M. R. W. W. C. ... & P. S., 2020. Use of amifostine for cytoprotection during radiation therapy: a review. *Oncology*, pp. 98(2), 61-80. Retrieved from: <https://karger.com/ocl/article-abstract/98/2/61/239342>.
- Kusumadjati, A. & D. H. M., 2014. Peran Substansi Kimia dalam Memodifikasi Respon Radiasi. *Radioterapi & Onkologi Indonesia*, pp. 6(1), 11-18. Diakses pada: [https://eresources.poltekkes-smg.ac.id/storage/journal/Radioterapi-&Onkologi-Indonesia/Vol-6,-No-1-\(2015\)-Volume-6-No.1-Januari-2015/fafdbce8bc61af64703cbb546319c86b.pdf](https://eresources.poltekkes-smg.ac.id/storage/journal/Radioterapi-&Onkologi-Indonesia/Vol-6,-No-1-(2015)-Volume-6-No.1-Januari-2015/fafdbce8bc61af64703cbb546319c86b.pdf).
- LÁTKY, C. R. M. S. & B. A., 2006. Chemical radioprotective substances: The past, the present and the future. *BIOMEDICÍNA*, pp. 8(1), 112-122. Retrieved from: <https://kont.zsf.jcu.cz/pdfs/knt/2006/01/19.pdf>.

- Lim, S. Y. & E. S., 2022. *Feasibility Of Complementary Metal Oxide Semiconductor (Cmos)-Based Time-Of-Flight (Tof) Image Sensors In Conjunction With Kilovoltage (Kv) Cone Beam Computed Tomography (Cbct) For Real-Time Tumour Tracking In Radiotherapy* (Doctoral dissertation, Perpustakaan Hamzah Sendur, Malaysia: Perpustakaan Hamzah Sendur. Retrieved from: <http://eprints.usm.my/59220>).
- Lutfiarahma, S. P. Y. W. N. F. H. & P. C. H. N., 2022. the Incidence of Radiation Pneumonitis in Breast Cancer Patients Who Received Radiotherapy Using 3-Dimensional Techniques. *Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal)*, pp. 11(4), 217-220. Diakses pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/medico/article/view/31778>.
- Mirfauddin, M., 2024. *Analisis Efek Paparan Radiasi pada Kulit Akibat Radioterapi Eksternal* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin), Makassar: Universitas Hasanuddin. Diakses pada: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/32970/>.
- Mishra, K. & A. G., 2017. Appraisal of biochemical classes of radioprotectors: evidence, current status and guidelines for future development. *3 Biotech*, pp. 7(5), 292. retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-017-0925-0>.
- Oktobiannobel, J. N. M. & D. B. S., 2020. Derajat Toksisitas Hemoglobin pada Penderita Kanker Kolorektal yang Mendapat Kemoterapi CapeOX. *Arteri: Jurnal Ilmu Kesehatan*, pp. 1(4), 299-305. Diakses pada: <https://arteri.sinergis.org/arteri/article/view/86>.
- Pina, F. A. M. F. T. S. K. A. & P. E. R., 2024. Penggunaan Dosimeter Film, OSL, Dioda, dan Ion Chamber dalam Verifikasi Dosis pada Teknik Modulated Arc Therapy (VMAT). *Progressive Physics Journal*, pp. 5(2), 448-457.

- Prahardi, R. & W. A., 2021. *Zero Dose*. Jakarta, Center for the Study of Systems and Technology for Supervision of Radiation Facilities and Radioactive Substances, Nuclear Energy Monitoring Agency, pp. 42-47. Diakses pada: <https://inis.iaea.org/records/9kk6x-6j587>.
- Prahardi, R., dan Arundito Widikusumo, 2021. *Zero dose*. *Seminar Si-INTAN 2021*, pp. 42-47. Diakses pada: <https://inis.iaea.org/records/9kk6x-6j587>.
- Rahman, F. U. A. N. A. S. A. E. R. E. L. & A. A., 2020. Paradigma baru konsep proteksi radiasi dalam pemeriksaan radiologi kedokteran gigi: dari ALARA menjadi ALADAIP. *Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia (JRDI)*, pp. 4(2), 27-34. Diakses pada: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jrdi/article/view/555>.
- Rahmawati, E., 2021. *Studi Literatur Analisis Efek Paparan Radiasi Pada Pasien Pediatrik (Doctoral dissertation, Fakultas Kesehatan Dan Keteknisian Medis)*., Semarang: Universitas Widya Husada Semarang. Diakses pada: <https://eprints.uwhs.ac.id/71/>.
- Ramadhani, D. T. D. & S. V. A., 2016. Optimalisasi Tes Komet untuk Penentuan Tingkat Kerusakan pada Dna Akibat Paparan Radiasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, pp. 17(1), 37-48. Diakses pada: [https://eresources.poltekkes-smg.ac.id/storage/journal/Jurnal-Sains-dan-Teknologi-Nuklir-Indonesia-\(Indonesian-Journal-of-Nuclear-Science-and-Technology\)/Vol-17,-No-1-\(2016\)-Februari-2016/52f00d17dd7faa5b09d5dfb55e92c0b4.pdf](https://eresources.poltekkes-smg.ac.id/storage/journal/Jurnal-Sains-dan-Teknologi-Nuklir-Indonesia-(Indonesian-Journal-of-Nuclear-Science-and-Technology)/Vol-17,-No-1-(2016)-Februari-2016/52f00d17dd7faa5b09d5dfb55e92c0b4.pdf).
- Rehani, M. M., 2009. Smart protection. *IAEA Bull*, pp. 50(2), 1-3. Retrieved from: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull50-2/50205813137.pdf>.
- Romli, M., 2016. Penilaian Risiko Kesehatan Terhadap Radiasi Pengion. *Buletin Limbah*, pp. 13 (2). Diakses pada: <https://www.researchgate.net/profile/Moch>

Romli/publication/341369310_PENILAIAN_RISIKO_KESEHATAN_TERHADAP_RADIASI_PENGION/links/5ebcb65aa6fdcc90d6750b24/PENILAIAN-RISIKO-KESEHATAN-TERHADAP-RADIASI-PENGION.pdf.

- Rosyidi, H. S. S. J. E. & A. Z., 2016. Sistem Monitoring Jarak Jauh Radiasi Gamma Secara Realtime Berbasis Web Server. *Youngster Physics Journal*, pp. 5(4), 365-372. Diakses pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/bfd/article/view/14119>.
- Saaya, F. M. M. F. R. N. F. K. V. & K. I. S., 2022. Plant Based Radioprotectants Agent to Expand the Boundaries of Radioprotective Efficacy. *Journal of Nuclear and Related Technologies*, pp. 19(2) 16-22. Retrieved from: <https://www.jnrtmns.net/index.php/jnrt/article/view/216>.
- Sanjaya, D. T. P. E. D. R. S. I. M. A. & F. I. F., 2023. LAPORAN KASUS: KANKER PARU KIRI JENIS ADENOKARSINOMA DENGAN HEMOPTISIS NON MASIVE. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, pp. 10 (5), 1937-1942. Diakses pada: <https://www.academia.edu/download/108538236/pdf.pdf>
- Scott, J. G. B. A. S. M. J. M. I. F. W. J. Y. B. .. & T.-R. J. F., 2017. A genome-based model for adjusting radiotherapy dose (GARD): a retrospective, cohort-based study. *The lancet oncology*, pp. 18(2), 202-211. Retrieved from: [https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(16\)30648-9/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(16)30648-9/abstract).
- Seité, S. B. R. J. & M. J. M., 2017. Prevention and treatment of acute and chronic radiodermatitis. *Breast cancer: targets and therapy*, pp. 551-557. Retrieved from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2147/BCTT.S149752>.
- Singh, M. A. A. W. R. & A. S., 2016. Radiodermatitis: a review of our current understanding. *American journal of clinical dermatology*, pp. 17, 277-292. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/S40257-016-0186-4>.

- Supriyadi, D. S. M. S. N. C. H. R. S. R. K. O. & S. A., 2023. *Optimasi Pencitraan Verifikasi Geometri Radioterapi Dengan Computed Radiography (CR)*. Bandung: Inti Medika Pustaka.
- Utami, D. A. T. M. G. N. A. & L. A., 2023. Oral Candidiasis pada Pasien Kanker Paru yang Menjalani Radioterapi: Laporan Kasus. *STOMATOGNATIC-Jurnal Kedokteran Gigi*, pp. 20(2), 121-125. Diakses pada: <https://core.ac.uk/download/pdf/590191757.pdf>.
- Wisman, B. A. N. S. A. & P. M. M., 2017. Cardiotoxicity Complication of Radiotherapy. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, pp. 4(4), 9. Diakses pada: <https://scholarhub.ui.ac.id/jpdi/vol4/iss4/9/>.
- Woroprobosari, N. R., 2016. Efek Stokastik Radiasi Sinar X Dental Pada Ibu Hamil dan Janin. *ODONTO Dent J*, pp. 3 (1), 60-66. Diakses pada: https://www.researchgate.net/profile/Niluh-Woroprobosari/publication/323209523_EFEK_STOKASTIK_RADIASI_SINAR-X_DENTAL_PADA_IBU_HAMIL_DAN_JANIN/Links/5c57a3cea6fdccd6b5e0fc8f/EF-EK-STOKASTIK-RADIASI-SINAR-X-DENTAL-PADA-IBU-HAMIL-D.
- Yusof, F. H. M., 2016. *haracterisation and Application of Carbon Doped Aluminium Oxide Optically Stimulated Luminescence Dosimeter in Megavoltage Photon Beams for Radiotherapy*. Malaysia: University of Malaya (Malaysia).
- Yusuf, D. R. T. & S. M., 2018. Evaluasi hubungan dosis radiasi terhadap kerusakan DNA sel limfosit dengan menggunakan tes comet. *urnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, pp. 19(1), 13-20. Diakses pada: [https://eresources.poltekkes-smg.ac.id/storage/journal/Jurnal-Sains-dan-Teknologi-Nuklir-Indonesia-\(Indonesian-Journal-of-Nuclear-Science-and-Technology\)/Vol-19,-No-1-\(2018\)-Februari-2018/932e92fba757ed8f29f3263350137f75.pdf](https://eresources.poltekkes-smg.ac.id/storage/journal/Jurnal-Sains-dan-Teknologi-Nuklir-Indonesia-(Indonesian-Journal-of-Nuclear-Science-and-Technology)/Vol-19,-No-1-(2018)-Februari-2018/932e92fba757ed8f29f3263350137f75.pdf).

BAB

4

RADIONUKLIDA

drg. M. Rakhmat Ersyad Muchlis, S.H., Sp.RKG.

A. Pendahuluan

Radionuklida adalah atom tidak stabil yang meluruh dan memancarkan energi dalam bentuk radiasi. Peristiwa peluruhan ini dapat terjadi secara alami maupun hasil rekayasa manusia melalui reaktor nuklir atau akselerator partikel. Sifat khas radionuklida menjadikannya sangat bernilai dalam dunia medis, terutama untuk terapi radiasi dan pencitraan diagnostik seperti PET dan SPECT. Di samping itu, penggunaan radionuklida untuk tujuan industri dan penelitian juga berkembang luas, termasuk dalam penanggalan karbon dan pelacakan aliran air tanah (Firmansyah et al., 2025).

Dalam bidang kedokteran nuklir, radionuklida seperti Iodium-131, Technetium-99m, dan Lutetium-177 digunakan untuk diagnosis maupun terapi penyakit seperti hipertiroidisme dan kanker. Lutetium-177, misalnya, memiliki karakteristik fisika ideal untuk terapi kanker karena mampu memberikan energi beta ke jaringan target dengan penetrasi rendah, meminimalkan kerusakan jaringan sehat. Keberhasilan ini telah mendorong pertumbuhan pesat teknologi radioterapi berbasis molekul (Aisyah et al., 2018).

Namun, bersamaan dengan manfaat tersebut, muncul pula tantangan serius terhadap lingkungan. Limbah radioaktif dari rumah sakit dan industri nuklir mengandung radionuklida buatan yang dapat terakumulasi di tanah, air, dan makhluk

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, A., Artiani, P.A., & Purwanto, Y. (2018) 'Karakterisasi Limbah dari Produksi Radioisotop Molibdenum-99', Ganendra: Majalah IPTEK Nuklir.
- Br. Karo, R.M. (2020) 'Penentuan Kandungan Radionuklida Alam dan Unsur Logam pada Tanah Pertanian Desa Tiga Panah, Kab. Karo', PRIMER (Prima Medical Journal).
- Cherry, S. R., Sorenson, J. A., & Phelps, M. E. (2012). Physics in Nuclear Medicine (4th ed.). Elsevier.
- Dwijananti, P. & Darmawati, Y. (2010) 'Penentuan kadar radionuklida pada limbah cair pabrik galvanis dengan metode analisis aktivasi neutron', Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2023). Using Radioisotopes to Trace Environmental Pathways.
- Fadhilah, S.N. (2023) Analisis Radionuklida Cs-137, Co-60 dan I-131 pada Sampel Air Sungai Cisadane di Daerah Tangerang Menggunakan Spektrometer Gamma. UIN Jakarta.
- Febriana, S. & Astuti, S.D. (2020) 'Deteksi Karakteristik Peluruhan Radionuklida Medis ^{99}Mo untuk Memperoleh $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Menggunakan Spektrometer Gamma', Jurnal Fisika Indonesia, 24(4), hlm. 185–193.
- Firmansyah, O.A., Turu, M.R. & Ramlan, R. (2025) 'Studi Penentuan Koefisien Atenuasi Sumber ^{177}Lu Menggunakan Software Phits untuk Aplikasi Bidang Kedokteran Nuklir', Jurnal Penelitian Sains, Universitas Sriwijaya.
- Fitri, R.A. (2022) Analisis Radionuklida Cs-137, Co-60, dan I-131 pada Sampel Tanah di Kota Tangerang, UIN Jakarta.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). Non-destructive. Testing Using Radiography. Vienna: IAEA Publications.

- International Energy Agency (IEA). (2023). Nuclear Power and Energy Security.
- Jadvar, H. (2022). "Clinical PET Imaging: Radiopharmaceuticals for Oncology, Neurology, and Cardiology. " *Journal of Nuclear Medicine*, 63(4), 499– 507.
- Knapp, F. F., & Mirzadeh, S. (2021). *Radiopharmaceuticals for Therapy*. Springer.
- Langguli, C.J.F.A. (2022) Studi Literatur Perbandingan Efektivitas dan Biodistribusi Fosfor- 32P Koloid untuk Radiosinovektomi Secara In Vivo pada Tikus. UIN Jakarta.
- Marzuki, I. (2019) Aplikasi Mikro Simbion Spons Dalam Bioremediasi Lingkungan, Universitas Fajar.
- Nurhayati, S., Kisananto, T. & Syaifudin, M. (2011) ‘Superoksida Dismutase (SOD): Apa dan Bagaimana Peranannya dalam Radioterapi’, *Buletin Alara*.
- Ojiri, H. (ed.) (2020) *Diagnostic imaging in head and neck cancer*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Pradiati, A. (2023) Analisis Radionuklida Alam pada Bahan Pangan Kalimantan Barat, UIN Jakarta.
- Puspitasari, M. (2014) Efek Iradiasi Gamma Terhadap Kemampuan Kitosan dalam Menurunkan Kadar Kolesterol Secara In Vitro. UIN Jakarta.
- Rachman, R.M., Hidayat, A., & Masgode, M.B. (2024) *Toksikologi Lingkungan*, ResearchGate.
- Rizky, M.A. (2022) Kadar Radionuklida Cesium-137 pada Bayam Hijau dan Lahan dengan Menggunakan Spektrometer Gamma, UIN Jakarta.
- Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (SNMMI). (2023). *Technetium-99m Radiopharmaceuticals*.
- States Nuclear Regulatory Commission (NRC). (2023). *Radioactive Decay*.

- Sukma, T.T. (2023) Formulasi dan Stabilitas ^{32}P -CR Koloid untuk Radiosinovectomi, UIN Jakarta.
- Susianti, L. (2020) Studi Kandungan Radionuklida Alam ^{226}Ra dalam Sedimen Muara Sungai Musi, Universitas Sriwijaya.
- Taylor, R.E., & Bar-Yosef, O. (2023). Radiocarbon Dating: An Archaeological Perspective. Routledge.

BAB 5

DETEKSI *POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY (PET)/ DETEKSI SPECT (SINGLE PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY)*

**Dr. dr. Elvita Rahmi Daulay, M.Ked(Rad)., Sp.Rad.,
Subspes.RI(K).**

A. Pendahuluan

Kedokteran nuklir berhubungan dengan aplikasi radioaktif dalam hal diagnostik dan terapi (Mehndiratta et al., 2014). Pencitraan kedokteran nuklir merupakan bagian dari pemeriksaan radiologi yang menunjukkan informasi mengenai fungsi dari organ. Pencitraan kedokteran nuklir melibatkan administrasi radiofarmaka yang mengandung zat yang diberi label jejak radioaktif dan memiliki afinitas terhadap jaringan tubuh pada pasien. Oleh karena itu, zat tersebut dapat diserap dan menghasilkan emisi berupa gambar yang menunjukkan fenomena fisiologis (Badnjević and Pokvić, 2019; Cheng, 2019). Pemeriksaan tersebut berfungsi membantu klinisi dalam menentukan diagnosis dan tindak lanjut terapi (Kharfi, 2013). Pencitraan kedokteran nuklir diaplikasikan pada penyakit seperti kanker, penyakit kardiovaskular, kelainan neurologis, ataupun pada pengembangan obat (National Research Council, 2007). Modalitas pencitraan kedokteran nuklir yang paling umum adalah *Positron Emission Tomography (PET)* dan Deteksi *Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)* (Ge et al., 2020). *Chapter* ini bertujuan untuk memaparkan mengenai PET dan SPECT secara rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2004. Toxicological Profile for Cesium. Public Health.
- Alqahtani, F.F., 2023. SPECT/CT and PET/CT, related radiopharmaceuticals, and areas of application and comparison. Saudi Pharmaceutical Journal. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2022.12.013>
- Ashraf, M.A., Goyal, A., 2022. Fludeoxyglucose (18F), StatPearls.
- Ayesa, S.L., Murphy, A., 2022. Positron emission tomography: Evolving modalities, radiopharmaceuticals and professional collaboration. J Med Radiat Sci. <https://doi.org/10.1002/jmrs.629>
- Badnjević, A., Pokvić, L.G., 2019. Imaging, in: Clinical Engineering Handbook, Second Edition. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813467-2.00078-X>
- Belcari, N., Bisogni, M.G., Del Guerra, A., 2024. Positron emission tomography: its 65 years and beyond. La Rivista del Nuovo Cimento. <https://doi.org/10.1007/s40766-024-00050-3>
- Berger, A., 2003. Positron emission tomography. Br Med J. <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7404.1449>
- Bouchareb, Y., AlSaadi, A., Zabab, J., Jain, A., Al-Jabri, A., Phiri, P., Shi, J.Q., Delanerolle, G., Sirasanagandla, S.R., 2024. Technological Advances in SPECT and SPECT/CT Imaging. Diagnostics 14, 1431. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14131431>
- Cheng, C.P., 2019. Medical Imaging Modalities and Protocols, in: Handbook of Vascular Motion. Elsevier, pp. 23–43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815713-8.00003-6>
- Crişan, G., Moldovean-cioroianu, N.S., Timaru, D.G., Andrieş, G., Căinap, C., Chiş, V., 2022. Radiopharmaceuticals for PET and SPECT Imaging: A Literature Review over the Last Decade. Int J Mol Sci. <https://doi.org/10.3390/ijms23095023>

- Donya, M., Radford, M., ElGuindy, A., Firmin, D., Yacoub, M.H., 2014. Radiation in medicine: Origins, risks and aspirations. *Glob Cardiol Sci Pract* 2014. <https://doi.org/10.5339/gcsp.2014.57>
- Duatti, A., 2021. Review on ^{99m}Tc radiopharmaceuticals with emphasis on new advancements. *Nucl Med Biol*. <https://doi.org/10.1016/j.nucmedbio.2020.05.005>
- Eckerman, K., Endo, a, 2008. ICRP Publication 107. Nuclear decay data for dosimetric calculations. *Ann ICRP* 38.
- Edward Coleman, 2003. Radionuclide Imaging in Cancer Medicine, in: *Holland-Frei Cancer Medicine*.
- Gardner, S.F., Green, J.A., Bednarczyk, E.M., Farnett, L., Miraldi, F., 1992. Principles and clinical applications of positron emission tomography. *Am J Hosp Pharm*. <https://doi.org/10.1093/ajhp/49.6.1499>
- Ge, J., Zhang, Q., Zeng, J., Gu, Z., Gao, M., 2020. Radiolabeling nanomaterials for multimodality imaging: New insights into nuclear medicine and cancer diagnosis. *Biomaterials*. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2019.119553>
- Gonzalez-Montoro, A., Ullah, M.N., Levin, C.S., 2022. Advances in Detector Instrumentation for PET. *Journal of Nuclear Medicine*. <https://doi.org/10.2967/jnumed.121.262509>
- Hutton, B.F., 2014. The origins of SPECT and SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. <https://doi.org/10.1007/s00259-013-2606-5>
- Kharfi, F., 2013. Principles and Applications of Nuclear Medical Imaging: A Survey on Recent Developments, in: *Imaging and Radioanalytical Techniques in Interdisciplinary Research - Fundamentals and Cutting Edge Applications*. <https://doi.org/10.5772/54884>

- Lin, M., Coll, R.P., Cohen, A.S., Georgiou, D.K., Manning, H.C., 2022. PET Oncological Radiopharmaceuticals: Current Status and Perspectives. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules27206790>
- Mather, S.J., 2007. Design of radiolabelled ligands for the imaging and treatment of cancer. *Mol Biosyst*. <https://doi.org/10.1039/b611736h>
- Matsunari, I., 2024. New Generation SPECT Cameras Based on Cadmium-Zinc Telluride Technology. *Ann Nucl Cardiol* 10, 24-00011. <https://doi.org/10.17996/anc.24-00011>
- Mehndiratta, A., Anandaraj, P., Zechmann, C.M., Giesel, F.L., 2014. Nuclear Medicine: An Overview of Imaging Techniques, Clinical Applications and Trials, in: *Medical Imaging in Clinical Trials*. Springer London, London, pp. 293-325. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-710-3_14
- National Research Council (US) and Institute of Medicine (US) Committee on the Mathematics and Physics of Emerging Dynamic Biomedical Imaging, 1996. Chapter 5, Single Photon Emission Computed Tomography, in: *Mathematics and Physics of Emerging Biomedical Imaging*. <https://doi.org/10.17226/5066>
- National Research Council, et al., 2007. Advancing nuclear medicine through innovation, *Advancing Nuclear Medicine Through Innovation*. <https://doi.org/10.17226/11985>
- Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2014. Positron Emission Tomography in Neurology and Cardiology: A Review of Guidelines and Recommendations.
- Pandit-Taskar, N., O'Donoghue, J.A., Ruan, S., Lyashchenko, S.K., Carrasquillo, J.A., Heller, G., Martinez, D.F., Cheal, S.M., Lewis, J.S., Fleisher, M., Keppler, J.S., Reiter, R.E., Wu, A.M., Weber, W.A., Scher, H.I., Larson, S.M., Morris, M.J., 2016. First-in-human imaging with ⁸⁹Zr-Df-IAB2M Anti-PSMA

- minibody in patients with metastatic prostate cancer: Pharmacokinetics, biodistribution, dosimetry, and lesion uptake. *Journal of Nuclear Medicine* 57. <https://doi.org/10.2967/jnumed.116.176206>
- Pimlott, S.L., Sutherland, A., 2011. Molecular tracers for the PET and SPECT imaging of disease. *Chem Soc Rev* 40. <https://doi.org/10.1039/b922628c>
- Santarelli, M.F., Mori, A., Bertasi, M., Positano, V., Gimelli, A., Scipioni, M., Marzullo, P., Landini, L., 2021. Czt detectors-based spect imaging: How detector and collimator arrangement can determine the overall performance of the tomograph. *Electronics (Switzerland)* 10. <https://doi.org/10.3390/electronics10182230>
- Sureshkumar, A., Hansen, B., Ersahin, D., 2020. Role of Nuclear Medicine in Imaging. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2019.10.005>
- Tsui, B.M.W., 1996. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Physics of SPECT. *Radiographics* 16. <https://doi.org/10.1148/radiographics.16.1.173>
- Van der Meulen, N.P., Strobel, K., Lima, T.V.M., 2021. New radionuclides and technological advances in spect and pet scanners. *Cancers (Basel)*. <https://doi.org/10.3390/cancers13246183>
- Xu, S., Yan, Z., Wei, Q., 2024. A Survey of Crystals for SPECT Imaging. *Crystals (Basel)* 14, 1039. <https://doi.org/10.3390/cryst14121039>
- Yeong, C.H., Cheng, M. hua, Ng, K.H., 2014. Therapeutic radionuclides in nuclear medicine: Current and future prospects. *J Zhejiang Univ Sci B*. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1400131>

- Zhang, S., Wang, X., Gao, X., Chen, X., Li, L., Li, G., Liu, C., Miao, Y., Wang, R., Hu, K., 2025. Radiopharmaceuticals and their applications in medicine. *Signal Transduct Target Ther* 10, 1. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-02041-6>
- Ziegler, S.I., 2005. Positron emission tomography: Principles, technology, and recent developments. *Nucl Phys A* 752. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2005.02.067>

BAB

6

RADIOFARMASI RUMAH SAKIT DAN KESELAMATAN KERJA

Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.

A. Pendahuluan

Radiofarmasi merupakan cabang farmasi dalam kedokteran nuklir yang memanfaatkan senyawa radioaktif atau radioisotop untuk melakukan diagnostik dan terapeutik demi tercapainya kesembuhan pasien (Agnesia *et al.* 2025). Senyawa yang digunakan dalam radios isotop lebih dikenal sebagai radiofarmaka, yang pada aplikasinya memungkinkan visualisasi dan pengobatan penyakit secara molekuler seperti kanker, neurologis, dan gangguan kardiovaskular. Penggunaan radiofarmaka di rumah sakit akan memerlukan perhatian khusus baik dari segi keamanan, kesehatan, maupun keselamatan kerja tenaga medis. Penggunaan radiofarmaka akan menghasilkan paparan radiasi yang dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi tenaga medis, pasien dan juga masyarakat yang terdapat disekitar rumah sakit. Oleh karena itu, penggunaan radiofarmaka harus diikuti dengan penerapan protokol keamanan dan keselamatan kerja yang ketat, pelatihan tenaga medis mengenai standar operasional radiofarmaka yang konsisten dan berkelanjutan, serta pihak rumah sakit selalu melakukan pemantauan dosis radiasi (Agnesia *et al.* 2025).

Pada pelaksanaannya radiofarmaka akan melibatkan perkumpulan atau komunitas radiofarmasi baik secara internasional seperti badan tenaga atom internasional (IAEA 2020) dan komisi internasional perlindungan radiologi (ICRP

DAFTAR PUSTAKA

- Agnesia S., Sobar S., Saputra F. (2025). Evaluasi Penerapan Standar K3 di Unit Radiologi RS Karya Medika I. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 2(4): 216-225. <https://doi.org/10.62017/jkmi.v2i4.4833>
- Alzahrani, A.S., Bakheet, S., Mandil, M.A., Al-hajjaj A., Almahfouz, Al Haj A. (2001). ¹²³I isotope as a diagnostic agent in the follow-up of patient with differentiated thyroid cancer comparison with post ¹³¹-I therapy whole body scanning. *J Clin Endocrinol Metab*, 86: 5194-5300. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.11.8030>
- Aslani, A., Snowdon G.M., Bailey, D.L., Schembri G.P., Bailey E.A., Roach P.J. 2014. Gallium-68 DODATE production with automated PET radiopharmaceutical synthesis system: a three year experience. *Asia Ocean Journal of Nuclear Medicine & Biology*, 2: 75-86.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). (2019). Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2019 tentang Pengangkutan Zat Radioaktif.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). (2019a). Peraturan Kepala BAPETEN No. 6 Tahun 2019 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). (2019b). Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 6 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). (2022). Peraturan BAPETEN No. 4 Tahun 2022 tentang Sertifikasi Petugas Proteksi Radiasi.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). (2023). Pedoman Audit Internal Keselamatan Radiasi Rumah Sakit. Jakarta: BAPETEN Press.

- Choenen Coenen, H.H., Mertens, J., Maziere, B. 2006. Radioiodination Reactions for Radiopharmaceuticals, Compendium for Effective Synthesis Strategies. Springer Dordrecht, The Netherlands.
- Chung, J.K., Cheon G.J. 2014. Radioiodine therapy in differentiated thyroid cancer: The first targeted therapy in oncology. *Endocrinol Metab*, 29: 233–239. <https://doi.org/10.3803/enm.2014.29.3.233>
- Eshima, D., Taylor, A.J. 1992. Technetium-99m (99mTc) Mercaptoacetyl triglycine: update on the new 99mTc renal tubular function agent. *Semin Nucl Med*, 22: 61–73. [https://doi.org/10.1016/s0001-2998\(05\)80082-0](https://doi.org/10.1016/s0001-2998(05)80082-0)
- Govindan, S.V., Goldenberg, D.M. 2010. New antibody conjugates in cancer therapy. *Sci. World Journal*, 10: 2070–2089. <https://doi.org/10.1100/tsw.2010.191>
- Guo, R., Zhang, M., Xu, Y., Ma Y., Liang S., Shi S., Miao Y., Li B. 2014. Theranostic studies of human sodium iodide symporter imaging and therapy using 188Re: a human glioma study in mice. *Plos One*, 9: 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102011>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018a). Radiopharmaceuticals Transport Guidance. IAEA Safety Standards Series.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018b). Management of Waste from the Use of Radioactive Materials in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education. IAEA Safety Standards Series No. GSG-1.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018c). Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series GSR Part 7.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2020). Cyclotron Produced Radionuclides: Principles and Practice. IAEA Human Health Series.

- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2020a). Radiological Protection in Therapy with Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 140.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2020b). Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. ICRP Publication 139.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2021). ICRP Publication 146: Radiological Protection of People and the Environment. Annals of the ICRP.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2021a). Operational Guidance on Hospital Radiopharmacy. IAEA Human Health Reports No. 21.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2021b). Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2021c). Radiopharmacy Training Manual. IAEA Training Course Series No. 77.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. IAEA Safety Standards Series.
- Koole, M., Verberne, H. J., & Slomka, P. (2020). Stability of FDG during storage and transport in hospital settings. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 48(1), 32–38.
- Lawton, R., & Parker, D. (2018). Barriers to Incident Reporting in Healthcare: Cultural and Organizational Factors. *BMJ Quality & Safety*, 17(3), 126-130. <https://doi.org/10.1136/qhc.11.1.15>
- Masjhur, J.S. 2000. Aplikasi teknik nuklir dalam kesehatan masa kini. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 1(2): 29–42.
- Nurlaila. 2002. Radiofarmaka Peptida untuk diagnosis dan terapi. *Maj Kedokt Indonesia*, 57: 265–273.

- Papagiannopoulou, D. 2017. Technetium-99m radiochemistry for pharmaceutical applications. *J Labelled Comp. Radiopharm*, 60:502–520. <https://doi.org/10.1002/jlcr.3531>
- Pronovost, P., Berenholtz S., Dorman T., Lipsett P.A., Simmonds T., Haraden C. (2016). Improving Communication in Healthcare Teams. *New England Journal of Medicine*, 374(7), 652–653. <https://doi.org/10.1053/jcra.2003.50008>
- Rosilawati, N.E., Nasution, I., Murni, T.W. 2017. Penggunaan radiofarmaka untuk diagnosa dan terapi di Indonesia dan asas keamanan penggunaan obat. *SOEPRA Jurnal Hukum Kesehatan*, 3(1): 60–73.
- Senduk, P., Danes, V.R., Rumampuk, R.F. 2015. Penggunaan radioisotop pada deteksi dini penyakit kanker. *Jurnal e-biomedik*, 3: 620–623. <https://doi.org/10.35790/ebm.v3i2.8549>
- Soenarjo, S. 2014. Mekanisme lokalisasi sediaan radiofarmaka pada organ target. *Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka*, 17: 15–26.
- Uccelli, L., Martini, P., Pasquali, M., Boschi A. 2017. Monoclonal antibodies radiolabeling with Rhenium-188 for radioimmunotherapy. *Biomed Research International*: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/5923609>
- World Health Organization (WHO). (2019). Patient Safety and Radiation Protection in Healthcare. WHO Press.
- World Health Organization (WHO). (2020). Radiation Risk Assessment and Management for Health Care Workers Involved in the COVID-19 Response. WHO Press.
- Zhang, Y., Zhang, Y., Yin, L., Xia X., HU F., Liu Q., Qin C., Lan X. 2017. Synthesis and bioevaluation of Iodine-131 directly labeled cyclic RGDPEGylated gold nanorods for tumortargeted imaging. *Contrast Media & Molecular Imaging*, 1: 1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/6081724>

BAB

7

KANKER PARU

Prof. Dr. dr. Noni Novisari Soeroso, M.Ked(Paru)., Sp.P(K)., FISR., FAPSR.

A. Pendahuluan

Berdasarkan GLOBOCAN 2022 diperoleh dari *International Agency for Research on Cancer*, didapatkan kanker paru menempati urutan pertama paling sering didiagnosis didunia, dengan kasus baru estimasi 2,5 juta (12,4%), diikuti kanker payudara 2,3 juta (11,5%) dan kanker kolorektal 1,9 juta (9,6%) (Bray *et al.*, 2024). Di Indonesia, berdasarkan Globocan 2020, jumlah kasus baru kanker paru menempati urutan ke-3 (8,8%), setelah kanker payudara (16,6%), dan kanker serviks (9,2%) (Sung *et al.*, 2020). Di Indonesia menurut laporan profil kanker WHO dan data Kemenkes persentase kasus baru di Indonesia mencapai 34,2% dengan tingkat kematian sebesar 30%.^{1,2} Pengobatan anti kanker terus berkembang sesuai dengan Guideline di didasari *Evidence Based Medicine* yang telah direkomendasikan. Dari semua jenis kanker paru, kanker paru karsinoma bukan sel kecil (NSCLC) kanker terbanyak menyumbang 80% dari semua kanker paru.

B. Definisi

Menurut WHO Kanker Paru adalah jenis kanker yang bermula ketika sel-sel abnormal tumbuh secara tidak terkendali di paru-paru. Menurut Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI) kanker paru adalah kanker paru mencakup semua

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyati, S.N., Oetomo, S. dan Setyawati, D., 2019. Hubungan jenis kelamin dan riwayat merokok dengan mutasi gen EGFR kanker paru tipe adenokarsinoma. *Homeostasis*, 2(1), pp.1–8.
- Amin Z, Sudoyo, Aru W, et al. Kanker Paru. Dalam: Buku ajar ilmu penyakit dalam. Edisi V. Jakarta: Intera Publishing. 2009
- Arumsari, D., Artanti, K. D., Martini, S. and Widati, S. (2019) “The Description of Smoking Degree Based on Brinkman Index in Patients with Lung Cancer”, *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 7(3), pp. 249–256. doi: 10.20473/jbe.V7I32019.250-257.
- Bray, F., Colombet, M., Mery, L., Pagano, P., Znaor, A., Ferlay, J. dan Soerjomataram, I., 2024. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(2), pp.93–115.
- Chen, G., Wan, X., Yang, G., Zou, X., 2015. Traffic-related air pollution and lung cancer: A meta-analysis. *Thorac. Cancer* 6, 307–318. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.12118>
- Evangelou, P., 2023. Lung cancer 1: Pathology. In: G. Angelopoulou and T. Tsanakas, eds. *Lung Cancer. Pathologia*. 1st ed. Athens: MedScience Publications.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2008. Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. Jakarta: Kemenkes RI.
- National Comprehensive Cancer Network (NCCN), 2022. Lung Cancer Screening. [online] Available at: <https://www.nccn.org/guidelines/guidelines-detail?category=2&id=440>
- Sari, N.M.R., Ludiana, L. dan Sari, S.A., 2021. Penerapan relaksasi otot progresif terhadap tingkat kecemasan pada pasien kanker paru yang menjalani kemoterapi di Kota Metro. *Jurnal Cendikia Muda*, 1(2), pp.175–187.

- Soeroso, L. Mutiara Paru. Atlas Radiologi dan Ilustrasi Kasus. Buku Kedokteran EGC. 2005
- Soeroso, N., Soeroso, L., Hasibuan, P., Tarigan, S.P. dan Bihar, S., 2017. Kanker Paru: Diagnosis dan Penatalaksanaan. Medan: USU Press.
- Soeroso, N.N. dan Anggriani, R.A.H., 2023. Kanker Paru pada Perempuan. Medan: USU Press.
- Soeroso, N.N., Tarigan, S.P., Saragih, W., Sari, N.D., Lubis, N. dan Lubis, H., 2018. Lung adenocarcinoma presenting with an orbital metastasis. *Respiratory Medicine Case Reports*, 25, pp.116–118.
- Soeroso, N.N., Zain-Hamid, R., Bihar, S., Soliha, C., Ananda, F.R. dan Aida, A., 2025. Unraveling relationship between the genetic polymorphism CYP2A13 and nicotine metabolism of male smokers in Medan, Indonesia. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 26(1), p.26.
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A. dan Bray, F., 2021. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), pp.209–249.
- Wibawanto, A., Icksan, A.G., Syahrudin, E., Djuita, F. dan Hidayat, H., 2025. In: E. Syahrudin, ed. *Pedoman Diagnosis dan Penatalaksanaan Kanker Paru di Indonesia*. Edisi 2025. Jakarta: Indonesian Association for the Study of Thoracic Oncology dan Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI).

BAB 8

KARSINOMA NASOFARING

dr. Deviana, Sp.THT-KL.

A. Pendahuluan

KNF adalah karsinoma sel skuamosa (*squamous cell carcinoma* (SCC)) yang berasal dari sel epitel nasofaring. Neoplasma ini dapat muncul dari tempat manapun di nasofaring dan terutama pada fosa *Rossemüller*, resesus yang terletak medial dari krura medial *tuba Eustachius* (Wei WI, 2006).

B. Epidemiologi

Di sebagian besar bagian dunia, KNF merupakan keganasan yang jarang ditemui, dengan insiden kurang dari 1 per 100.000. Akan tetapi, di beberapa bagian di Cina Selatan, KNF merupakan keganasan yang memiliki insiden paling tinggi dan penyebab kematian yang utama. Provinsi Guangdong di Cina Selatan memiliki insiden tertinggi, yaitu sekitar 20-40 kasus per 100.000 penduduk (20-30 per 100.000 pria dan 15-20 per 100.000 wanita) (Adham M et al., 2012; Wei WI, 2006).

Di Indonesia, KNF menempati peringkat keempat kanker terbanyak, setelah kanker serviks, kanker payudara, dan kanker kulit. Di bidang kepala dan leher, KNF juga merupakan tumor yang paling umum. Insiden KNF di Indonesia adalah sebesar 6,2/100.000 atau sekitar 12.000 kasus baru per tahun (Adham M et al., 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Adham M, Greijer AE, Verkuijlen SA, Juwana H, Fleig S, Rachmadi L, 2013. Epstein-Barr virus DNA load in nasopharyngeal brushings and whole blood in nasopharyngeal carcinoma patients before and after treatment. *Clin Cancer Res* 19, 2175–86.
- Adham M, Kurniawan AN, Muhtadi AI, Roezin A, Hermani B, Gondhowiardjo S, 2012. Nasopharyngeal carcinoma in Indonesia: epidemiology, incidence, signs, and symptoms at presentation. *Chin J Cancer*. 31, 185–196.
- Ang KK, Milas L, Shiu AS, 2003. General principles of radiation therapy for cancer of the head and neck., in: Myers EN, Suen JY, Myers JN, Hanna EYN (Eds.), *Cancer of the Head and Neck*. Saunders, USA, pp. 717–735.
- Colevas, A.D., Cmelak, A.J., Pfister, D.G., Spencer, S., Adkins, D., Birkeland, A.C., Brizel, D.M., Busse, P.M., Caudell, J.J., Durm, G., Fakhry, C., Galloway, T., Geiger, J.L., Gillison, M.L., Glastonbury, C., Haddad, R.I., Hicks, W.L., Hitchcock, Y.J., Jimeno, A., Juloori, A., Kase, M., Leizman, D., Maghami, E., Mell, L.K., Mittal, B.B., Pinto, H.A., Price, K., Rocco, J.W., Rodriguez, C.P., Schwartz, D., Shah, J.P., Sher, D., John, M. St., Wang, H., Weinstein, G., Worden, F., Bruce, J.Y., Yom, S.S., Zhen, W., Montgomery, S., Darlow, S.D., 2025. NCCN Guidelines® Insights: Head and Neck Cancers, Version 2.2025: Featured Updates to the NCCN Guidelines. *Journal of the National Comprehensive Cancer Network* 23, 2–11. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2025.0007>
- Duvvuri U, Kubicek GJ, 2014. Principles of radiation oncology, in: Johnson JT, Rosen CA (Eds.), *Bailey’s Head & Neck Surgery: Otolaryngology*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp. 1682–1691.

- Pan, J.-J., Mai, H.-Q., Ng, W.T., Hu, C.-S., Li, J.-G., Chen, X.-Z., Chow, J.C.H., Wong, E., Lee, V., Ma, L.-Y., Guo, Q.-J., Liu, Q., Liu, L.-Z., Xu, T.-T., Gong, X.-C., Qiang, M.-Y., Au, K.-H., Liu, T.-C., Chiang, C.L., Xiao, Y.-P., Lin, S.-J., Chen, Y.-B., Guo, S.-S., Wong, C.H.L., Tang, L.-Q., Xu, Z.-Y., Jia, Y.-Z., Peng, W.-S., Hu, L.-P., Lu, T.-Z., Jiang, F., Cao, C.-N., Xu, W., Ma, J., Blanchard, P., Williams, M., Glastonbury, C.M., King, A.D., Patel, S.G., Seethala, R.R., Colevas, A.D., Fan, D.-M., Chua, M.L.K., Huang, S.H., O'Sullivan, B., Lydiatt, W., Lee, A.W.M., 2024. Ninth Version of the AJCC and UICC Nasopharyngeal Cancer TNM Staging Classification. *JAMA Oncol* 10, 1627–1635. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2024.4354>
- Plant RL, 2009. Neoplasm of the nasopharynx, in: Snow JB, Wackym PA (Eds.), *Ballenger's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery*. People's Medical Publishing House/B C Decker, India, pp. 1081–1089.
- Tao Q, Chan ATC, 2007. Nasopharyngeal carcinoma: molecular pathogenesis and therapeutic developments. *Expert Rev Mol Med* 9, 1–24.
- Wei WI, 2006. Nasopharyngeal cancer, in: Bailey BJ, Johnson JT, Newlands SD (Eds.), *Head & Neck Surgery: Otolaryngology*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp. 1657–1671.
- Woo JKS, Van Hasselt A, 2008. Nasopharyngeal Carcinoma, in: Gleeson M, Browning G, Burton M, Clarke R, Hibbert J, Jones N, et al. (Eds.), *Scott-Brown's Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*. pp. 2445–2474.
- Zeng MS, Zeng YX, 2010. Pathogenesis and Etiology of Nasopharyngeal Carcinoma., in: Lu JJ, Cooper JS, Lee AWM (Eds.), *Nasopharyngeal Cancer: Multidisciplinary Management*. Springer Berlin Heidelberg, German, pp. 8–25.

BAB

9

KANKER OTAK

dr. Fathiya Juwita Hanum, Sp.Onk.Rad.

A. Pendahuluan

Kanker otak merupakan kanker dengan tingkat morbiditas dan mortalitas yang cukup tinggi. Secara global, insiden kanker otak dan Sistem Saraf Pusat (SSP) berkisar antara 3–7 kasus per 100.000 penduduk per tahun. Kanker otak dapat menyerang berbagai usia mulai dari anak-anak, dewasa hingga lansia. Secara umum laki-laki cenderung lebih berisiko terkena kanker otak kecuali untuk jenis tertentu seperti meningioma. Di Amerika Serikat setiap tahunnya insiden tumor otak tercatat lebih dari 80.000 kasus, dimana 30%-nya adalah kasus tumor ganas atau kanker. Di negara berkembang keterbatasan akses diagnostik menyebabkan banyak kasus tidak terdeteksi, sehingga prevalensinya lebih rendah dibanding jumlah kasus yang sebenarnya (Ostrom *et al.*, 2022).

Kanker otak terdiri dari kanker otak primer dan kanker otak sekunder. Kanker otak primer adalah tumor yang berasal langsung dari jaringan otak atau struktur sekitarnya (meninges, kelenjar hipofisis, saraf kranial). Jenis kanker otak primer meliputi glioma, glioblastoma multiforme, astrositoma, oligodendroglioma, ependymoma, meningioma, medulloblastoma, schwannoma dan tumor hipofisis (Louis *et al.*, 2021). Kanker otak sekunder merupakan penyebaran (metastasis) kanker dari organ lain melalui aliran darah seperti kanker paru, kanker payudara dan kanker kulit melanoma.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, N.J., Rönnbäck, L. and Hansson, E. (2006) 'Astrocyte-endothelial interactions at the blood-brain barrier', *Nature Reviews Neuroscience*, pp. 41–53. Available at: <https://doi.org/10.1038/nrn1824>.
- Barth, R.F., Mi, P. and Yang, W. (2018) 'Boron delivery agents for neutron capture therapy of cancer', *Cancer Communications*, 38(1), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40880-018-0299-7>.
- Boellaard, R. *et al.* (2015) 'FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0', *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 328–354. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2961-x>.
- Chen, W. *et al.* (2005) 'Imaging Proliferation in Brain Tumors with 18 F-FLT PET: Comparison with 18 F-FDG', *The Journal of Nuclear Medicine*, 46, pp. 945–952.
- Chinot, O.L. *et al.* (2014) 'Bevacizumab plus Radiotherapy-Temozolomide for Newly Diagnosed Glioblastoma', *New England Journal of Medicine*, 370(8), pp. 709–722. Available at: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1308345>.
- Dang, L. *et al.* (2009) 'Cancer-associated IDH1 mutations produce 2-hydroxyglutarate', *Nature*, 462(7274), pp. 739–744. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature08617>.
- Evans, D.G.R. *et al.* (2005) 'Management of the patient and family with neurofibromatosis 2: A consensus conference statement', in *British Journal of Neurosurgery*. Taylor and Francis Ltd., pp. 5–12. Available at: <https://doi.org/10.1080/02688690500081206>.
- Ferreri, A.J.M. *et al.* (2009) 'Articles High-dose cytarabine plus high-dose methotrexate versus high-dose methotrexate alone in patients with primary CNS lymphoma: a randomised phase

- 2 trial', *Lancet*, 374, pp. 1512-1520. Available at: <https://doi.org/10.1016/S0140>.
- Fukumura, D. *et al.* (2010) 'Tumor microvasculature and microenvironment: Novel insights through intravital imaging in pre-clinical models', *Microcirculation*, pp. 206-225. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1549-8719.2010.00029.x>.
- Galea, I., Bechmann, I. and Perry, V.H. (2007) 'What is immune privilege (not)?', *Trends in Immunology*, 28(1), pp. 12-18. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.it.2006.11.004>.
- Galldiks, N. *et al.* (2020) 'Imaging challenges of immunotherapy and targeted therapy in patients with brain metastases: Response, progression, and pseudoprogression', *Neuro-Oncology*. Oxford University Press, pp. 17-20. Available at: <https://doi.org/10.1093/neuonc/noz147>.
- Galldiks, N., Langen, K.J. and Pope, W.B. (2015) 'From the clinician's point of view - What is the status quo of positron emission tomography in patients with brain tumors?', *Neuro-Oncology*. Oxford University Press, pp. 1434-1444. Available at: <https://doi.org/10.1093/neuonc/nov118>.
- Groothuis, D.R. (2000) 'The blood-brain and blood-tumor barriers: A review of strategies for increasing drug delivery', *Neuro-Oncology*, pp. 45-59.
- Hegi, M.E. *et al.* (2005) 'MGMT Gene Silencing and Benefit from Temozolomide in Glioblastoma', *The New England Journal of Medicine*, pp. 997-1003. Available at: www.nejm.org.
- International Atomic Energy Agency (2001) 'Therapeutic Applications of Radiopharmaceuticals', in *Nuclear Medicine Section*. Hyderabad: IAEA Publisher.
- International Atomic Energy Agency (2010) *Production of Long Lived Parent Radionuclides for Generators: 68 Ge, 82 Sr, 90 Sr and 188 W*. IAEA Library Cataloguing in Publication Data. Available at: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>.

- Jabbar, T., Bashir, S. and Imran, M.B. (2023) 'Review of current status of targeted alpha therapy in cancer treatment', *Nuclear Medicine Review*. Via Medica, pp. 54–67. Available at: <https://doi.org/10.5603/NMR.2023.0003>.
- Kocher, M. *et al.* (2011) 'Adjuvant whole-brain radiotherapy versus observation after radiosurgery or surgical resection of one to three cerebral metastases: Results of the EORTC 22952-26001 study', *Journal of Clinical Oncology*, 29(2), pp. 134–141. Available at: <https://doi.org/10.1200/JCO.2010.30.1655>.
- Louis, D.N. *et al.* (2021) 'The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: A summary', *Neuro-Oncology*, 23(8), pp. 1231–1251. Available at: <https://doi.org/10.1093/neuonc/noab106>.
- Melmed, S. (2011) 'Pathogenesis of pituitary tumors', *Nature Reviews Endocrinology*, pp. 257–266. Available at: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.40>.
- Nayak, L., Lee, E.Q. and Wen, P.Y. (2012) 'Epidemiology of brain metastases', *Current Oncology Reports*, 14(1), pp. 48–54. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11912-011-0203-y>.
- Niyazi, M. *et al.* (2011) 'FET-PET for malignant glioma treatment planning', *Radiotherapy and Oncology*, 99(1), pp. 44–48. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2011.03.001>.
- Oberoi, R.K. *et al.* (2016) 'Strategies to improve delivery of anticancer drugs across the blood-brain barrier to treat glioblastoma', *Neuro-Oncology*. Oxford University Press, pp. 27–36. Available at: <https://doi.org/10.1093/neuonc/nov164>.
- Omuro, A. and DeAngelis, L.M. (2013) 'Glioblastoma and other malignant gliomas: A clinical review', *JAMA*. American Medical Association, pp. 1842–1850. Available at: <https://doi.org/10.1001/jama.2013.280319>.

- Ostrom, Q.T. *et al.* (2022) 'CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2015–2019', *Neuro-Oncology*, 24(5 S), pp. V1–V95. Available at: <https://doi.org/10.1093/neuonc/noac202>.
- Ou, A., Alfred Yung, W.K. and Majd, N. (2021) 'Molecular mechanisms of treatment resistance in glioblastoma', *International Journal of Molecular Sciences*. MDPI AG, pp. 1–24. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms22010351>.
- Pardridge, W.M. (2012) 'Drug transport across the blood-brain barrier', *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, pp. 1959–1972. Available at: <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2012.126>.
- Parsons, D.W. *et al.* (2008) 'An integrated genomic analysis of human glioblastoma multiforme', *Science*, 321(5897), pp. 1807–1812. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.1164382>.
- Piroth, M.D. *et al.* (2012) 'Integrated boost IMRT with FET-PET-adapted local dose escalation in glioblastomas: Results of a prospective phase II study', *Strahlentherapie und Onkologie*, 188(4), pp. 334–339. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00066-011-0060-5>.
- Sarkaria, J.N. *et al.* (2008) 'Mechanisms of chemoresistance to alkylating agents in malignant glioma', *Clinical Cancer Research*, pp. 2900–2908. Available at: <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-07-1719>.
- Steven Kane, A.M. *et al.* (2025) *Technetium-99m Continuing Education Activity*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559013/?report=printable>.
- Strosberg, J. *et al.* (2017) 'Phase 3 Trial of 177 Lu-Dotatate for Midgut Neuroendocrine Tumors', *New England Journal of Medicine*, 376(2), pp. 125–135. Available at: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1607427>.

- Stupp, R. *et al.* (2005) 'Radiotherapy plus Concomitant and Adjuvant Temozolomide for Glioblastoma', *The New England Journal of Medicine*, pp. 987–996. Available at: www.nejm.org.
- Taphoorn, M.J. and Klein, M. (2004) 'For personal use. Only reproduce with permission The Lancet Publishing Group', *The Lancet Neurology*, 3, pp. 159–168. Available at: <http://neurology.thelancet.com>.
- Taylor, M.D. *et al.* (2012) 'Molecular subgroups of medulloblastoma: The current consensus', *Acta Neuropathologica*, 123(4), pp. 465–472. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00401-011-0922-z>.
- Van Den Bent, M.J. *et al.* (2013) 'Adjuvant procarbazine, lomustine, and vincristine chemotherapy in newly diagnosed anaplastic oligodendroglioma: Long-term follow-up of EORTC brain tumor group study 26951', *Journal of Clinical Oncology*, 31(3), pp. 344–350. Available at: <https://doi.org/10.1200/JCO.2012.43.2229>.
- Verhaak, R.G.W. *et al.* (2010) 'Integrated Genomic Analysis Identifies Clinically Relevant Subtypes of Glioblastoma Characterized by Abnormalities in PDGFRA, IDH1, EGFR, and NF1', *Cancer Cell*, 17(1), pp. 98–110. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2009.12.020>.
- Weller, M. *et al.* (2021) 'EANO guidelines on the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood', *Nature Reviews Clinical Oncology*, 18(3), pp. 170–186. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41571-020-00447-z>.
- Wen, P.Y. and Kesari, S. (2008) *Medical Progress Malignant Gliomas in Adults*, *N Engl J Med*. Available at: www.nejm.org.
- Westphal, M. *et al.* (2003) 'Neuro-Oncology A phase 3 trial of local chemotherapy with biodegradable carmustine (BCNU) wafers (Gliadel wafers) in patients with primary malignant glioma 1,2 Downloaded from', *Neuro-Oncology*, 10, pp. 79–88. Available at: <http://neuro-oncology.mc.duke.edu>.

- Yan, H. *et al.* (2009) 'IDH1 and IDH2 Mutations in Gliomas ', *New England Journal of Medicine*, 360(8), pp. 765–773. Available at: <https://doi.org/10.1056/nejmoa0808710>.
- Ziessman, H., O'Malley, J. and Thrall, J. (2014) *Nuclear Medicine*. 4th edn. Elsevier.

BAB 10

KANKER KELENJAR GETAH BENING (LIMFOMA) - PEMAHAMAN, PENANGANAN, DAN SKEMA TERBENTUKNYA

apt. Andi Trihadi Kusuma Kisra, S.Farm., M.Si.

A. Pendahuluan

Kanker kelenjar getah bening atau **limfoma** adalah jenis kanker yang berasal dari sel-sel limfosit, yaitu kelenjar getah bening, limpa, dan jaringan limfoid lain bagian dari sistem limfatik yang berfungsi dalam pertahanan tubuh. Limfoma ditandai dengan pertumbuhan sel abnormal di kelenjar getah bening, limpa, sumsum tulang, atau organ lain. Limfoma diklasifikasikan menjadi dua jenis utama: **Limfoma Hodgkin** dan **Limfoma Non-Hodgkin** (NHL). Kanker ini memengaruhi kemampuan sistem imun dalam melawan infeksi. Ilmu merupakan suatu pengetahuan yang sistematis dan terorganisir.

B. Anatomi dan Fungsi Kelenjar Getah Bening

Kelenjar getah bening merupakan bagian dari sistem limfatik yang berperan sebagai penyaring dan penghasil sel imun (limfosit). Kelenjar ini tersebar di seluruh tubuh, terutama di leher, ketiak, dan pangkal paha. Fungsi utamanya adalah melawan infeksi dan membersihkan limfa dari zat asing.

C. Jenis-Jenis Kanker Kelenjar Getah Bening

1. Limfoma Hodgkin (HL)

- a. Ditandai dengan adanya sel Reed-Sternberg.
- b. Umumnya menyerang kelompok usia muda dan usia tua.
- c. Prognosis baik dengan pengobatan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal BB, et al. Curcumin: the Indian solid gold. *Adv Exp Med Biol.* 2007;595:1-75
- American Cancer Society. (2023). Lymphoma. <https://www.cancer.org/cancer/lymphoma.html>
- Armitage JO. (2010). The aggressive lymphomas. *N Engl J Med.*
- Cancer.Net – Lymphoma Types and Treatment [https://www.cancer.net/cancer-types/lymphoma]
- Cheson BD, et al. (2014). Revised response criteria for malignant lymphoma. *J Clin Oncol.* 32(27):3053–3058.
- Gavamukulya Y, et al. The antioxidant and anticancer potential of *Annona muricata*. *BMC Complement Altern Med.* 2014;14:277.
- Lin J, et al. Herbal medicine for the treatment of cancer: pharmacology and mechanisms. *Biomed Pharmacother.* 2020;130:110550.
- Medscape – Lymphoma Overview <https://emedicine.medscape.com>
- National Cancer Institute. (2023). Adult Non-Hodgkin Lymphoma Treatment (PDQ®)-Patient Version. <https://www.cancer.gov/types/lymphoma/patient/adult-nhl-treatment-pdq>
- National Comprehensive Cancer Network (NCCN) Guidelines for Lymphomas – www.nccn.org
- NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology – Lymphomas. 2024.
- Swerdlow SH, WHO Classification of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid T issues, 2017.
- WHO Classification of Lymphoid Neoplasms, 5th Edition.

WHO Classification of Tumours Editorial Board. (2022).
Haematolymphoid Tumours. WHO Classification of
Tumours, 5th Edition.

WHO Monographs on Selected Medicinal Plants, Vol. 1-4.

Widyawaruyanti A, et al. Antiproliferative activity of *Typhonium*
flagelliforme. J Med Plants Res. 2010;4(11):1075-1079.a

BAB 11 | KANKER SERVIKS

dr. Febriani, Sp.OG., Subsp.KFm.

A. Anatomi dan Definisi

Serviks atau leher rahim adalah organ fibromuskuler yang menghubungkan rongga rahim dengan vagina. Meskipun digambarkan berbentuk silinder, dinding anterior dan posterior lebih mudah terlihat. Serviks memiliki panjang sekitar 4 cm dan diameter 3 cm, dan terletak antara kandung kemih di bagian anterior serta usus di bagian posterior. Di sebelah lateral, ureter berada dalam jarak yang dekat, demikian pula arteri uterus di sebelah superior dan lateral. Saluran endoserviks atau kanalis servikalis dilapisi oleh epitel kolumnar, dan ektoserviks dilapisi oleh epitel skuamosa. Epitel skuamosa yang bertemu dengan epitel kolumnar disebut dengan *squamocolumnar junction* (SCJ) atau persimpangan *squamocolumnar*. Hampir semua kasus kanker serviks berasal dari mukosa ekto- atau endoserviks di zona transformasi, yaitu area serviks di antara SCJ yang lama dan baru. (Prendiville and Sankaranarayanan, 2017; FIGO, 2021)

Secara global, kanker serviks merupakan penyebab keempat morbiditas dan mortalitas kanker pada perempuan, dengan sekitar 660,000 kasus baru pada tahun 2022. Di Amerika Serikat, sekitar 4000 wanita meninggal setiap tahunnya akibat kanker serviks. Orang kulit hitam, hispanik, dan wanita di daerah dengan sumber daya rendah memiliki lebih banyak kesenjangan dan tingkat kematian yang jauh lebih tinggi (Kuhn and Denny, 2017; Rauh-Hain *et al.*, 2018). Pada tahun 2022, sekitar 94% dari 350,000 kematian yang disebabkan oleh kanker

DAFTAR PUSTAKA

- ACOG (2023) *Cervical Cancer, The American College of Obstetricians and Gynecologists.*
- ACS (2023) *Cervical Cancer, American cancer society.*
- Bourgioti, C., Chatoupis, K. and Moulopoulos, L.A. (2016) 'Current imaging strategies for the evaluation of uterine cervical cancer.', *World journal of radiology*, 8(4), pp. 342–354. Available at: <https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i4.342>.
- Burmeister, C.A. *et al.* (2022) 'Cervical cancer therapies: Current challenges and future perspectives.', *Tumour virus research*, 13, p. 200238. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tvr.2022.200238>.
- Chambers, S.K. *et al.* (1991) 'Sequelae of lateral ovarian transposition in irradiated cervical cancer patients.', *International journal of radiation oncology, biology, physics*, 20(6), pp. 1305–1308. Available at: [https://doi.org/10.1016/0360-3016\(91\)90242-v](https://doi.org/10.1016/0360-3016(91)90242-v).
- Choi, P.-W. *et al.* (2022) 'The Dysregulation of MicroRNAs in the Development of Cervical Pre-Cancer-An Update.', *International journal of molecular sciences*, 23(13). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms23137126>.
- Collins, S. *et al.* (2010) 'Cigarette smoking is an independent risk factor for cervical intraepithelial neoplasia in young women: A longitudinal study', *European Journal of Cancer*, 46(2), pp. 405–411. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejca.2009.09.015>.
- Dastidar, G.A. *et al.* (2016) 'Is neo-adjuvant chemotherapy a better option for management of cervical cancer patients of rural India?', *Indian journal of cancer*, 53(1), pp. 56–59. Available at: <https://doi.org/10.4103/0019-509X.180826>.
- DiSaia, P.J. *et al.* (2018) *Clinical Gynecologic Oncology*. 9th edn. Philadelphia: Elsevier Inc.

- Dutta, S. *et al.* (2015) 'Image-guided radiotherapy and -brachytherapy for cervical cancer.', *Frontiers in oncology*, 5, p. 64. Available at: <https://doi.org/10.3389/fonc.2015.00064>.
- Farghaly, H. *et al.* (2006) 'Routine vaginal Pap test is not useful in women status-post hysterectomy for benign disease.', *Diagnostic cytopathology*, 34(9), pp. 640–643. Available at: <https://doi.org/10.1002/dc.20527>.
- FIGO (2021) 'Cancer of the cervix uteri: 2021 update', *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 155(S1), pp. 28–44. Available at: <https://doi.org/10.1002/ijgo.13865>.
- Fowler, J.R. *et al.* (2025) 'Cervical Cancer.', in. Treasure Island (FL).
- Frumovitz, M. *et al.* (2005) 'Quality of life and sexual functioning in cervical cancer survivors.', *Journal of clinical oncology: official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 23(30), pp. 7428–7436. Available at: <https://doi.org/10.1200/JCO.2004.00.3996>.
- Gemer, O. *et al.* (2016) 'Evaluation of Clinical and Pathologic Risk Factors May Reduce the Rate of Multimodality Treatment of Early Cervical Cancer.', *American journal of clinical oncology*, 39(1), pp. 37–42. Available at: <https://doi.org/10.1097/COC.0000000000000011>.
- GLOBOCAN (2022) *GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for cancers in 185 countries*, International Agency for Research on Cancer.
- Green, J.A. *et al.* (2001) 'Survival and recurrence after concomitant chemotherapy and radiotherapy for cancer of the uterine cervix: a systematic review and meta-analysis', *The Lancet*, 358(9284), pp. 781–786. Available at: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)05965-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)05965-7).

- Greimel, E.R. *et al.* (2009) 'Quality of life and sexual functioning after cervical cancer treatment: a long-term follow-up study.', *Psycho-oncology*, 18(5), pp. 476–482. Available at: <https://doi.org/10.1002/pon.1426>.
- Grigsby, P.W. and Perez, C.A. (1991) 'Radiotherapy alone for medically inoperable carcinoma of the cervix: stage IA and carcinoma in situ.', *International journal of radiation oncology, biology, physics*, 21(2), pp. 375–378. Available at: [https://doi.org/10.1016/0360-3016\(91\)90785-3](https://doi.org/10.1016/0360-3016(91)90785-3).
- Harkenrider, M.M. *et al.* (2015) 'Image-Based Brachytherapy for the Treatment of Cervical Cancer.', *International journal of radiation oncology, biology, physics*, 92(4), pp. 921–934. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2015.03.010>.
- HOGI (2023) *Panduan Pelayanan Kanker Ginekologi Kanker Serviks*. Edited by T.W. Utami. Himpunan Onkologi Ginekologi Indonesia (HOGI).
- Hutchcraft, M.L. and Miller, R.W. (2022) 'Bleeding from Gynecologic Malignancies.', *Obstetrics and gynecology clinics of North America*, 49(3), pp. 607–622. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ogc.2022.02.022>.
- IARC (2022) *Atlas of visual inspection of the cervix with acetic acid for screening, triage, and assessment for treatment*, International Agency for Research on Cancer. Available at: <https://screening.iarc.fr/atlasviadetail.php?Index=15&e=> (Accessed: 26 June 2025).
- Johnson, C.A. *et al.* (2019) 'Cervical Cancer: An Overview of Pathophysiology and Management', *Seminars in Oncology Nursing*, 35(2), pp. 166–174. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2019.02.003>.
- Klopp, A.H. *et al.* (2016) 'A Phase III Randomized Trial Comparing Patient-Reported Toxicity and Quality of Life (QOL) During Pelvic Intensity Modulated Radiation Therapy as Compared to Conventional Radiation Therapy', *International Journal of*

- Radiation Oncology, Biology, Physics*, 96(2), p. S3. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2016.06.024>.
- Kuhn, L. and Denny, L. (2017) 'The time is now to implement HPV testing for primary screening in low resource settings.', *Preventive medicine*, 98, pp. 42–44. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.12.030>.
- Lv, X.-J. *et al.* (2019) 'Association between the location of transposed ovary and ovarian dose in patients with cervical cancer treated with postoperative pelvic radiotherapy.', *Radiation oncology (London, England)*, 14(1), p. 230. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13014-019-1437-3>.
- Maduro, J.H. *et al.* (2003) 'Acute and long-term toxicity following radiotherapy alone or in combination with chemotherapy for locally advanced cervical cancer', *Cancer Treatment Reviews*, 29(6), pp. 471–488. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0305-7372\(03\)00117-8](https://doi.org/10.1016/S0305-7372(03)00117-8).
- Marth, C. *et al.* (2017) 'Cervical cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up†', *Annals of Oncology*, 28, pp. iv72–iv83. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/annonc/mdx220>.
- Mazeron, R. *et al.* (2016) 'Dose-volume effect relationships for late rectal morbidity in patients treated with chemoradiation and MRI-guided adaptive brachytherapy for locally advanced cervical cancer: Results from the prospective multicenter EMBRACE study.', *Radiotherapy and oncology: journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 120(3), pp. 412–419. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2016.06.006>.
- McGraw, S.L. and Ferrante, J.M. (2014) 'Update on prevention and screening of cervical cancer.', *World journal of clinical oncology*, 5(4), pp. 744–752. Available at: <https://doi.org/10.5306/wjco.v5.i4.744>.

- NCCN (2019) *Cervical Cancer (Version 3.2019)*, National Comprehensive Cancer Network. Available at: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/cervical.pdf (Accessed: 22 June 2025).
- NCI (2021) *Cervix*, National Cancer Institute. Available at: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/cervix>.
- Osann, K. *et al.* (2014) 'Factors associated with poor quality of life among cervical cancer survivors: implications for clinical care and clinical trials.', *Gynecologic oncology*, 135(2), pp. 266–272. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2014.08.036>.
- Pathwayz (2023) *Human Papilloma Virus*. Available at: <https://www.pathwayz.org/Tree/Plain/HPV> (Accessed: 22 June 2025).
- Pearcey, R. *et al.* (2002) 'Phase III trial comparing radical radiotherapy with and without cisplatin chemotherapy in patients with advanced squamous cell cancer of the cervix.', *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 20(4), pp. 966–972. Available at: <https://doi.org/10.1200/JCO.2002.20.4.966>.
- Pieterse, Q.D. *et al.* (2013) 'Self-reported sexual, bowel and bladder function in cervical cancer patients following different treatment modalities: longitudinal prospective cohort study.', *International journal of gynecological cancer : official journal of the International Gynecological Cancer Society*, 23(9), pp. 1717–1725. Available at: <https://doi.org/10.1097/IGC.0b013e3182a80a65>.
- Prendiville, W. and Sankaranarayanan, R. (2017) *Colposcopy and Treatment of Cervical Precancer: Anatomy of the uterine cervix and the transformation zone*, International Agency for Research on Cancer. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568392/>.

- Rai, B. *et al.* (2014) 'Vaginal dose, toxicity and sexual outcomes in patients of cervical cancer undergoing image based brachytherapy.', *Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP*, 15(8), pp. 3619–3623. Available at: <https://doi.org/10.7314/apjcp.2014.15.8.3619>.
- Rauh-Hain, J.A. *et al.* (2018) 'Racial and ethnic disparities over time in the treatment and mortality of women with gynecological malignancies.', *Gynecologic oncology*, 149(1), pp. 4–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2017.12.006>.
- Ribeiro, A.A. *et al.* (2015) 'HPV infection and cervical neoplasia: associated risk factors.', *Infectious agents and cancer*, 10, p. 16. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13027-015-0011-3>.
- Romero-Masters, J.C., Lambert, P.F. and Munger, K. (2022) 'Molecular Mechanisms of MmuPV1 E6 and E7 and Implications for Human Disease.', *Viruses*, 14(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/v14102138>.
- Rotman, M. *et al.* (2006) 'A phase III randomized trial of postoperative pelvic irradiation in stage IB cervical carcinoma with poor prognostic features: Follow-up of a gynecologic oncology group study', *International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics*, 65(1), pp. 169–176. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2005.10.019>.
- Ruiz, Á.M. *et al.* (2012) 'Proximity of First Sexual Intercourse to Menarche and Risk of High-Grade Cervical Disease', *The Journal of Infectious Diseases*, 206(12), pp. 1887–1896. Available at: <https://doi.org/10.1093/infdis/jis612>.
- Sedlis, A. *et al.* (1999) 'A randomized trial of pelvic radiation therapy versus no further therapy in selected patients with stage IB carcinoma of the cervix after radical hysterectomy and pelvic lymphadenectomy: A Gynecologic Oncology Group Study.', *Gynecologic oncology*, 73(2), pp. 177–183. Available at: <https://doi.org/10.1006/gyno.1999.5387>.

- Small, W. *et al.* (2017) 'Cervical cancer: A global health crisis', *Cancer*, 123(13), pp. 2404–2412. Available at: <https://doi.org/10.1002/cncr.30667>.
- Small, W.J. *et al.* (2008) 'Consensus guidelines for delineation of clinical target volume for intensity-modulated pelvic radiotherapy in postoperative treatment of endometrial and cervical cancer.', *International journal of radiation oncology, biology, physics*, 71(2), pp. 428–434. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2007.09.042>.
- Small, W.J. *et al.* (2012) 'American Brachytherapy Society consensus guidelines for adjuvant vaginal cuff brachytherapy after hysterectomy.', *Brachytherapy*, 11(1), pp. 58–67. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2011.08.005>.
- Utomo, A. *et al.* (2023) 'Association Between Cervical Cancer Stage and Sexual Dysfunction as a Side Effect of Radiotherapy in Patients at Margono Soekardjo Hospital, Purwokerto Hubungan antara Stadium Kanker Serviks dan Disfungsi Seksual sebagai Efek Samping Radioterapi pada Pas', *Indonesian Journal of Obstetrics & Gynecology Science*, pp. 3–9. Available at: <https://doi.org/10.24198/obgynia.v8i1.761>.
- Vesco, K.K. *et al.* (2011) 'Risk Factors and Other Epidemiologic Considerations for Cervical Cancer Screening: A Narrative Review for the U.S. Preventive Services Task Force', *Annals of Internal Medicine*, 155(10), pp. 698–705. Available at: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-10-201111150-00377>.
- Wang, X., Huang, X. and Zhang, Y. (2018) 'Involvement of Human Papillomaviruses in Cervical Cancer.', *Frontiers in microbiology*, 9, p. 2896. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02896>.
- Wuerthner, B.A. and Avila-Wallace, M. (2016) 'Cervical cancer: Screening, management, and prevention.', *The Nurse practitioner*, 41(9), pp. 18–23. Available at: <https://doi.org/10.1097/01.NPR.0000490390.43604.5f>.

Zhang, S. *et al.* (2020) 'Cervical cancer: Epidemiology, risk factors and screening.', *Chinese journal of cancer research* = *Chung-kuo yen cheng yen chiu*, 32(6), pp. 720–728. Available at: <https://doi.org/10.21147/j.issn.1000-9604.2020.06.05>.

Zhdan, V.M. *et al.* (2021) 'RELATIONSHIP BETWEEN CERVICAL CANCER AND THE LEVEL OF PREVENTIVE ONCOLOGICAL EXAMINATIONS.', *Wiadomosci lekarskie* (Warsaw, Poland : 1960), 74(6), pp. 1428–1432.

BAB 12 | KANKER TIROID

dr. Meta Zulyati Oktora, Sp.PA., M.Biomed.

A. Pendahuluan

Kanker tiroid merupakan neoplasma ganas yang timbul dari sel folikular maupun sel parafolikular kelenjar tiroid. Sebagai kanker endokrin yang paling sering dijumpai, insidensinya menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir, terutama di negara-negara maju dengan ketersediaan teknologi pencitraan diagnostik yang lebih baik seperti ultrasonografi dan biopsi aspirasi jarum halus. Data global menunjukkan bahwa kanker tiroid menempati peringkat kesembilan kanker yang paling banyak terdiagnosis, dengan kecenderungan lebih tinggi pada perempuan dibandingkan laki-laki. Di Indonesia, prevalensinya diperkirakan terus meningkat, meskipun data registrasi kanker nasional masih terbatas sehingga angka pasti kemungkinan belum mencerminkan beban penyakit yang sebenarnya (Smith et al., 2021; Kemenkes RI, 2020).

Berbagai faktor risiko diketahui berperan dalam perkembangan kanker tiroid. Paparan radiasi ionisasi pada masa kanak-kanak merupakan salah satu faktor yang paling konsisten dikaitkan dengan peningkatan risiko, di samping predisposisi genetik seperti sindrom familial multiple endocrine neoplasia tipe 2 yang terkait dengan kanker tiroid meduler. Faktor hormonal juga memiliki pengaruh penting, tercermin dari insidensi yang lebih tinggi pada perempuan, khususnya usia produktif. Selain itu, ketidakseimbangan kadar iodium dalam

DAFTAR PUSTAKA

- Bible, K.C. & Kebebew, E. (2015) 'Anaplastic thyroid carcinoma: treatment and outcomes', *Endocrine-Related Cancer*, 22(3), pp. R153–R166.
- Brose, M.S. et al. (2014) 'Sorafenib in radioactive iodine-refractory, locally advanced or metastatic differentiated thyroid cancer: a randomized, double-blind, phase 3 trial', *Lancet*, 384(9940), pp. 319–328.
- Cooper, D.S. et al. (2019) 'Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer', *Thyroid*, 29(2), pp. 167–196.
- Elisei, R. et al. (2020) 'Medullary thyroid cancer: clinical management, new therapeutic approaches and future perspectives', *Endocrine Reviews*, 41(3), pp. 231–252.
- Ho, A.L. et al. (2019) 'Selumetinib-enhanced radioiodine uptake in advanced thyroid cancer', *New England Journal of Medicine*, 370(7), pp. 623–632.
- Kim, T.H. et al. (2020) 'BRAF mutations and the role of targeted therapy in thyroid cancer', *Frontiers in Endocrinology*, 11, pp. 49–58.
- Kementarian Kesehatan Republik Indonesia (2020) *Laporan Registrasi Kanker Nasional 2020*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Naoum, G.E. et al. (2020) 'Immune checkpoint inhibition and radiotherapy for anaplastic thyroid carcinoma: a promising synergy', *OncImmunology*, 9(1), pp. 1731942.
- Pacini, F. et al. (2019) 'Thyroid cancer: ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up', *Annals of Oncology*, 30(12), pp. 1856–1883.
- Schlumberger, M. et al. (2018) 'Radioiodine for therapy of thyroid cancer', *Endocrine-Related Cancer*, 25(9), pp. R677–R691.

- Smallridge, R.C. et al. (2021) 'Anaplastic thyroid cancer: state of the science and future directions', *Journal of Clinical Oncology*, 39(15), pp. 1743–1752.
- Smith, J. et al. (2021) 'Global trends in thyroid cancer incidence: a review', *Journal of Endocrine Oncology*, 15(2), pp. 45–52.
- Subbiah, V. et al. (2021) 'Selpercatinib in RET fusion-positive thyroid cancers', *Journal of Clinical Oncology*, 39(23), pp. 2613–2620.
- Verburg, F.A. et al. (2019) 'Side effects of radioiodine therapy for differentiated thyroid cancer: a comprehensive review', *European Journal of Endocrinology*, 180(4), pp. R185–R197.
- Wang, Y. et al. (2022) 'Survival outcomes in differentiated thyroid cancer: a 10-year cohort study', *Thyroid Research*, 18(1), pp. 10–18.
- Wells, S.A. et al. (2018) 'Revised American Thyroid Association guidelines for the management of medullary thyroid carcinoma', *Thyroid*, 28(9), pp. 1101–1130.
- Xing, M. et al. (2019) 'Molecular pathogenesis and mechanisms of thyroid cancer', *Nature Reviews Cancer*, 19(3), pp. 184–199.

BAB 13 | KANKER KEMOPREVENSI

Assoc. Prof. Harliansyah, Ph.D.

A. Pendahuluan

Perkembangan dan pertumbuhan sel kanker saat ini menunjukkan angka kejadian yang terus meningkat di berbagai negara, termasuk Indonesia. Jumlah penderita kanker di Indonesia menurut data *Global Cancer Observatory* 2022 mencapai 408.661 kasus kanker, dengan angka kematian akibat kanker sebesar 242.099 atau lebih 50 persen dari total kasus secara keseluruhan. Hal ini menggambarkan terdapat kesenjangan dalam kualitas layanan kesehatan bagi pasien kanker dalam pengobatan kanker. Selain itu, penggunaan konseptual obat sitotoksik yang digunakan dengan dosis sangat tinggi, menimbulkan keracunan dalam spektrum luas jaringan normal, seperti pada saluran pencernaan, sumsum tulang, jantung, paru-paru, ginjal dan otak. Keadaan ini coba untuk di atasi melalui penggunaan agen kemoprevensi. Kemoprevensi merupakan pendekatan intervensi farmakologis untuk menghentikan atau membalikkan proses karsinogenesis ke kondisi normal, sehingga dapat mengatasi masalah. Walaupun proses karsinogenik dapat didorong oleh mutasi, menimbulkan banyak variabel epigenetik, terutama yang berkaitan dengan aksi molekular pengatur autokrin, parakrin, dan endokrin, yang juga menjadi penentu periode laten sebelum invasi dan metastasis terjadi. Modulasi farmakologis dari jalur pengaturan ini, melibatkan penggunaan obat-obatan dan mikronutrien yang efektif untuk menghambat kerusakan mutagenik pada DNA.

DAFTAR PUSTAKA

- George, BP., Chandran, R and Abrahams, H (2021). Role of Phytochemicals in Cancer Chemoprevention: Insights. Antioxidants (Basel). 10(9): 1-23.
<https://doi.org/10.3390/antiox10091455>
- Goradel, NH., Najafi, M., Salehi, E., Farhood, B and Mortezaee, K. (2019). Cyclooxygenase-2 in Cancer: A review. J. Cellular Physiol. 234(5): 5683-5699.
- Ren, J., Yan, G., Yang, L., Kong, L., Guan, Y., Sun, H., Liu, C., Liu, L., Han, Y and Wang, X. (2025). Cancer chemoprevention: signaling pathways and strategic approaches. Signal Transduction and Targeted Therapy. 10 (113) : 1-44.
<https://doi.org/10.1038/s41392-025-02167-1>
- Rizeq, B., Gupta, I., Ilesanmi, J., Alsafran, M., Rahman, MD.M and Quhtit, A. (2020). The Power of Phytochemicals Combination in Cancer Chemoprevention. Journal of Cancer,11 (15): 4521-4533.
- Santibanez, JF., Villar, VH and Echeverria, C (2023). Current and Future Cancer Chemoprevention Strategies. Pharmaceutics. 15, 1543: 1-5.
<https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15051543>.
- Shankar, M., Swetha, M., Keerthana, C.K., Rayginia, T.P and Anto, RJ. (2022). Cancer Chemoprevention: A Strategic Approach Using Phytochemicals. Frontiers in Pharmacol. January. Vol. 12. Article 809308: 1-25.
- Shanle, EK and Xu, W. (2010). Selectively targeting estrogen receptors for cancer treatment. Adv. Drug Deliv. Rev. 62 (13): 1265-1276.
- Uray, IP., Dmitrovsky, E and Brown, PH. (2016). Retinoids and Rexinoids in Cancer Prevention: From Laboratory to Clinic. Semin. Oncol. 43(1): 49-64.

- Walaszek, Z., Hanausek, M and Saga, TJ. (2004). Mechanisms of Chemoprevention. *Chest*. 125(5) Supplement: 128S- 133S.
- Wang, d-d and Zhang, X-n. (2021). Advances in receptor modulation strategies for flexible, efficient and enhanced antitumor efficacy. *J. Controlled Release*. 333: 418-447.

TENTANG PENULIS



apt. Rahmah Mustarin., S.Farm., M.PH. Lahir di Callaccu, pada 11 Maret 1987. Ia tercatat sebagai lulusan Fakultas Farmasi Universitas Muslim Indonesia (S1 Farmasi). Fakultas Farmasi Universitas Islam Indonesia (Profesi Apoteker) & Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada (S2). **Rahmah Mustarin** seorang akademisi/dosen di Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Makassar. Wanita yg kerap disapa Rahmah ini merupakan Pharmapreneur yaitu owner PT. Bintang Lima Medika Group yang bergerak dibidang distribusi alat kesehatan dan obat-obatan. Tergabung aktif di Gakeslab serta aktif di beberapa organisasi baik profesi maupun non profesi diantaranya PD IAI SULSEL, PC IAI Wajo, ATB PD IAI SULSEL, dan DPC IWAPI WAJO.



apt. Nur Ida, S.Si., M.Si. lahir di Maros, pada 26 Desember 1978. Ia menempuh pendidikan farmasi sejak di bangku sekolah menengah atas pada Sekolah Menengah Farmasi Depkes Ujung Pandang lulus tahun 1997, kemudian melanjutkan pendidikan S1 Farmasi dan apoteker di Universitas Hasanuddin lulus tahun 2002. Selanjutnya pendidikan S2 dibidang Farmasetika/Teknologi farmasi diselesaikan pada tahun 2008. Ia menjadi dosen Farmasi bidang farmasetika/Teknologi Farmasi pada Universitas Islam Makassar sejak tahun 2004 hingga sekarang. Email: nurida.dpk@uim-makassar.ac.id



Arshy Prodyanatasari, M.Pd., C.Ed. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi D3 Fisioterapi, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri sejak tahun 2011 hingga saat ini. Penulis aktif dalam melaksanakan Tridharma perguruan tinggi, baik pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat. Mata kuliah yang diampu, meliputi: Fisika Kesehatan, Ilmu Kesehatan Dasar, Teknologi Analisa Fisika dan Elektrokimia, Sumber Fisis, Ilmu Biomedik Dasar, dan Farmasi Fisika. Penulis juga aktif berkolaborasi dalam menulis buku. Karya buku yang telah terbit, antara lain: Kimia Analisis Bahan Pangan, Biokimia dan Fisika dalam Kebidanan, Pengantar Fisika Kesehatan, Aplikasi Toksikologi dalam Kehidupan Sehari-Hari, Ilmu Pendidikan, dan Teknologi Sediaan Steril. Selain aktif kolaborasi menulis buku, saat ini penulis menjadi Editor in Chief (EIC) jurnal Al Adawiyah: Jurnal Sains, Farmasi, dan Kesehatan, serta aktif menjadi reviewer di jurnal Internasional dan Nasional. Penulis juga menjadi editor aktif pada penerbit CV. Future Science. Saat ini, penulis juga merupakan Kurator, Pusat Prestasi Nasional, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah.



drg. M. Rakhmat Ersyad Muchlis, S.H., Sp.RKG. lahir di Makassar, pada 24 Maret 1992. Ia tercatat sebagai lulusan **Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muslim Indonesia Makassar** tahun 2019. Kerap disapa dengan nama **Rakhmat** ini adalah anak dari pasangan **H. Muchlis Ali (ayah)** dan **Hj. Sederhana (ibu)**. **M. Rakhmat Ersyad** melanjutkan pendidikan dokter gigi spesialis Radiologi Kedokteran Gigi di Universitas Padjadjaran Bandung tahun 2020. Yakin Usaha Sampai adalah motto dan semangatnya dalam menghadapi setiap fase kehidupan.
Email: rakhmat.ersyad@umi.ac.id



Dr. dr. Elvita Rahmi Daulay, M.Ked(Rad), Sp.Rad., Subspes.RI(K). adalah seorang dokter spesialis radiologi yang memiliki keahlian dan pengalaman yang mendalam di bidangnya. Beliau lahir di Medan pada tanggal 10 September 1971, dan saat ini menetap di Medan, Sumatera Utara. Dr. Elvita meraih gelar pendidikan dokter dari Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara (FK USU) pada tahun 1997, setelah sebelumnya menyelesaikan Pendidikan Dokter di FK USU pada tahun 1995. Beliau melanjutkan studi spesialisasi Radiologi di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FK UI), dan lulus pada tahun 2010 sebagai dokter spesialis radiologi. Pada tahun yang sama, beliau juga memperoleh gelar Magister Radiologi dari FK USU, yang semakin memperdalam pengetahuannya dalam bidang radiologi. Di tahun 2012, beliau berhasil meraih gelar Konsultan Radiologi Intervensi melalui program Kolegium Radiologi. Pada tahun 2023, Dr. Elvita meraih gelar Doktor Ilmu Kedokteran dari FK USU. Dr. Elvita aktif sebagai dosen di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara sejak tahun 2012 dan juga memberikan pelayanan di beberapa rumah sakit. Dr. Elvita aktif mengikuti berbagai pelatihan terkait radiologi, dan profesi sebagai dosen. Dr. Elvita juga aktif dalam berbagai organisasi profesi seperti IDI Wilayah Sumut, Perkumpulan Onkologi Indonesia Cabang Sumatera Utara, Pengurus Cabang Perhimpunan Kedokteran Wisata Kesehatan Indonesia Sumatera Utara (PERKEDWI SUMUT), Ikatan Dokter Indonesia Cabang Medan, PDSRKI, dan PSRII.



Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si. merupakan anak ke lima dari tujuh bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 3 Januari 1981, di Pangalengan Kabupaten Bandung Jawa Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana (2004) dan master (2013) Kimianya di jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Penulis bekerja sebagai dosen di program studi

Analisis Kimia Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor dan saat ini mengampu beberapa mata kuliah antara lain Spektroskopi, Kromatografi, elektroanalitik, identifikasi spektrum senyawa organik, pengoperasian dan pemeliharaan alat, kimia koloid dan permukaan, dan etika profesi analisis kimia. Penulis juga terlibat aktif sebagai konselor bagi mahasiswa di Sekolah Vokasi IPB dan tergabung dalam Asosiasi Profesional konselor Indonesia, yang secara aktif menggunakan grafologi dan hipnoterapi untuk membantu mahasiswa yang memerlukan bantuan. Penulis dapat dihubungi di atep.dian@apps.ipb.ac.id atau adsnadsn@gmail.com.



Prof. Dr. dr. Noni Novisari Soeroso, M.Ked(Paru), Sp.P(K), FISR., FAPSR. dosen tetap Departemen Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara. Lahir di Medan, 20 November 1978 anak ketiga dari pasangan Prof. dr. Luhur Soeroso, Sp.P(K) dan Almh. dr. Nazmah Darus, Sp.KK.

Beliau aktif berpartisipasi dalam berbagai seminar, pelatihan, serta kegiatan pengabdian kepada masyarakat sebagai pembicara dan moderator di tingkat nasional maupun internasional. Selain itu, beliau terlibat dalam sejumlah penelitian kolaboratif, baik di tingkat nasional maupun internasional, termasuk kerja sama riset dengan SingHealth-Duke NUS. Prestasi beliau diakui secara nasional dan internasional, dengan beberapa buku yang telah diterbitkan secara nasional serta book chapter terindeks Scopus. Email: noni@usu.ac.id.



dr. Deviana, Sp.THT-KL lahir di Malang, pada 10 Desember 1984. Ia tercatat sebagai lulusan Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang untuk dokter umum dan dokter spesialis THT-KL. Selain sebagai staf pengajar di Fakultas Kedokteran & Ilmu Kesehatan UKRIDA Jakarta, dr. Devi juga saat ini aktif berpraktek sebagai

dokter Spesialis THT-KL di RS Ukrida dan RS Pelni Jakarta. Email: deviana.deviana@ukrida.ac.id



dr. Fathiya Juwita Hanum, Sp.Onk.Rad lahir di Padang, pada tanggal 4 Juni 1986. Dokter lulusan Universitas Andalas ini menyelesaikan studi Spesialis Onkologi Radiasi dari Universitas Indonesia pada tahun 2017. Selain sebagai staf pengajar di Fakultas Kedokteran Universitas Andalas, ia juga berpraktek di RS Universitas Andalas dan RS Dr. M. Djamil. Penulis aktif memberikan edukasi kanker secara langsung maupun melalui media cetak dan media sosial. Korespondensi dapat melalui Email: fathiyajuwitanum@med.unand.ac.id



apt. Andi Trihadi Kusuma Kisra, S.Farm., M.Si, lahir di Kolaka pada 05 Juli 1984 dan sekarang menetap di Makassar. Menyelesaikan pendidikan dasar di SDN.03 pada tahun 1990, dan melanjutkan pendidikan di SMPN 02 dan SMA Neg.1 Kolaka, 1999 dan 2002 di kab.Kolaka. Alumni S1 & Profesi Apoteker Fakultas Farmasi UMI tahun 2003 dan 2024 serta Alumni Magister di Sekolah Farmasi ITB, Bandung 2017. Sekarang, menjadi Dosen di Fakultas Farmasi Universitas Muslim Indonesia sejak 2010 sampai sekarang. Pengalaman organisasi di kampus sebagai Pendamping PPH & Auditor Halal, Kabid.1 UPT.Halal Centre UMI bidang SDM, Riset dan Pengabdian, Foinder Karakter Baku Centre, Founder A_th3-Kfoundation dan Pengurus PD IAI Sulawesi tersilet. Email : anditrihadikusuma.kisra@umi.ac.id



dr. Febriani, Sp. OG, Subsp K.Fm lahir pada 12 Februari 1983. Beliau lulus studi profesi dokter di Fakultas Kedokteran Setelah berdinis sebagai dokter umum selama 2 tahun, beliau melanjutkan pendidikannya di Universitas Andalas dalam Program Studi Obstetri dan Ginekologi tahun 2010 - 2015. Tidak hanya berhenti sebagai lulusan dokter OBGYN, beliau tidak pernah berhenti untuk belajar. Pada tahun 2020 - 2022 beliau lulus menjadi dokter OBGYN Subspesialis konsultan di bidang Fetomaternal (K. Fm). Saat ini beliau aktif sebagai civitas akademika di Prodi Obstetri dan Ginekologi Universitas Riau serta aktif dalam praktik kandungan di Klinik Fathia.
Email: febriani@gmail.com



Dr. Meta Zulyati Oktora, SpPA., M.Biomed lahir di Padang, pada 2 Oktober 1984. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Andalas. Perempuan yang kerap disapa Meta ini adalah anak dari pasangan Zulkifli (ayah) dan Waryati (ibu). Pada saat ini Meta merupakan salah satu dosen Fakultas Kedokteran Universitas Baiturrahmah.
Email: metazulyantioktora@fk.unbrah.ac.id



Assoc. Prof. Harliansyah, Ph.D lahir di Medan, pada 19 Juni 1964 dan tercatat sebagai lulusan Doctoral of Philosophy (Biochemistry) pada Department of Biochemistry pada Faculty of Medicine, National University of Malaysia 2008. Saat ini aktif sebagai dosen tetap pada Sekolah Pascasarjana Universitas YARSI dan peneliti bidang Biomedik, dengan fokus riset pada Stres oksidatif, Sitotoksitas pada sel kanker dan Anti Aging. Saat ini juga menjabat sebagai Kepala Pusat Penelitian Telomer Longevity and Oxidative Stress (PUSLIT TELOS) Universitas YARSI. Buku ini merupakan buah tangan ke sebelas dari buku-buku sebelumnya yang membahas topik Esensial Biokimia disertai Biologi Molekular

dan Genetik (Alih Bahasa, 2012), Lippincott's Illustrated Reviews Biokimia (Alih Bahasa, 2014), Keseimbangan Cairan dan Elektrolit (2014), Penulis Bersama Buku Ajar Biomedik (2022), Metode dan Protokol Biomolekular (2023), Penuaan dan Aspek Molekular (2024), Nekrosis dan Apoptosis (2025) serta Integrasi Sains dan Islam (2025).

Email: harliansyah.hanif@yarsi.ac.id

drharlians@gmail.com