

ANALISIS DOSIS ORGAN TARGET DAN ORGAN AT RISK PADA BRAKHITERAPI KASUS KANKER ENDOMETRIUM MENGUNAKAN ALAT APLIKATOR SILINDER DI INSTALASI RADIOTERAPI RSUP PERSAHABATAN

Rahmawati Dwi Cahayani^{1*}, Ni Putu Rita Jeniyanthi², Devina Fikli³

Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, Indonesia^{1,2}, RSUP Persahabatan Jakarta, Indonesia³

*Corresponding Author : cahrahmadwi24@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis dosis yang diterima oleh organ target dan organ at risk dalam brakhiterapi kanker endometrium menggunakan aplikator silinder di RSUP Persahabatan. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi apakah dosis yang diterima pasien melebihi batas toleransi yang ditentukan. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan data dari *Treatment Planning System* (TPS) dan *Dose Volume Histogram* (DVH) pada 30 pasien. Variabel independen adalah alat aplikator, variabel dependen adalah dosis pada organ target dan organ at risk, dan variabel kontrol adalah dosis total pada organ target dan organ at risk. Alat yang digunakan mencakup pesawat brakhiterapi Saginova, sumber cobalt-60, sistem after loading TPS Bebig, aplikator silinder, komputer TPS, dan alat tulis untuk mencatat dosis. Analisis menggunakan SPSS versi 22 untuk menghitung rata-rata (mean), standar deviasi, dosis maksimum, dan dosis minimum. Hasil menunjukkan bahwa untuk HRCTV D90, dosis rata-rata adalah (82,9190) Gy (SD 3,84622), dengan maksimum (90,47 Gy) dan minimum (78,17) Gy. Dosis rata-rata pada kandung kemih (67,5777) Gy (SD 4,13554) dengan dosis maksimum (73,63) Gy dan nilai minimum adalah (68,68), sedangkan pada rektum, dosis rata-rata (70,0913) Gy (SD 3,32333) dengan maksimum (78,04) Gy dan nilai minimum adalah (65,15). Simpulan ini adalah dosis pada rektum telah melebihi batas toleransi dengan nilai dosis (78,04) yang batas toleransinya adalah tidak boleh melebihi <75 Gy. Meski rata-rata keseluruhan aman, penting memantau dosis ketat pada tiap untuk meningkatkan keselamatan pasien.

Kata kunci : brakhiterapi, dosis toleransi, kanker endometrium

ABSTRACT

This study analyzes the dose received by the target organ and organs at risk in brachytherapy for endometrial cancer using a cylinder applicator at RSUP Persahabatan. The purpose of this research is to evaluate whether the doses received by patients exceed the specified tolerance limits. The method used is a descriptive quantitative analysis with data obtained from the Treatment Planning System (TPS) and Dose Volume Histogram (DVH) from 30 patients. The independent variable is the applicator tool, the dependent variable is the dose on the target organ and organs at risk, and the control variable is the total dose on the target organ and organs at risk. Equipment used includes the Saginova brachytherapy machine, cobalt-60 source, TPS Bebig after-loading system, cylinder applicator, TPS computer, and recording tools for dose measurements. Analysis was performed using SPSS version 22 to calculate the mean, standard deviation, maximum dose, and minimum dose. Results show that for HRCTV D90, the mean dose was 82.9190 Gy (SD 3.84622), with a maximum of 90.47 Gy and a minimum of 78.17 Gy. The mean dose to the bladder was 67.5777 Gy (SD 4.13554), with a maximum dose of 73.63 Gy and a minimum of 68.68 Gy. For the rectum, the mean dose was 70.0913 Gy (SD 3.32333), with a maximum of 78.04 Gy and a minimum of 65.15 Gy. The conclusion is that the dose to the rectum has exceeded the tolerance limit with a dose of 78.04 Gy, where the tolerance threshold should not exceed <75 Gy. Although the overall mean dose is within safe limits, it is crucial to closely monitor individual doses to enhance patient safety.

Keywords : endometrial cancer, brachytherapy, tolerance dose

PENDAHULUAN

Kanker endometrium adalah jenis kanker ginekologi yang paling umum terjadi pada wanita di seluruh dunia, dan menempati urutan kedua paling banyak di Indonesia. Kanker endometrium, yang juga dikenal sebagai kanker rahim, adalah salah satu kelainan yang dapat terjadi pada endometrium. Di Indonesia, kanker endometrium menduduki peringkat kedua dalam jenis keganasan ginekologi yang dialami oleh wanita. Kanker ini berkembang dari lapisan dalam rahim yang disebut endometrium (Brohet., & Ramli, 2015). Kanker endometrium adalah jenis kanker ginekologi yang paling umum terjadi pada wanita di seluruh dunia, dan menempati urutan kedua paling banyak di Indonesia (Brohet., & Ramli, 2015). Kanker endometrium, atau karsinoma endometrium, merupakan jenis kanker yang berkembang pada lapisan paling dalam dari dinding rahim. Proses terjadinya kanker ini dimulai dari pertumbuhan sel-sel endometrium yang tidak terkendali, yang dapat menginvasi jaringan sekitarnya. Dalam banyak kasus, kanker ini didahului oleh hiperplasia endometrium, suatu kondisi di mana sel-sel endometrium tumbuh secara berlebihan. Kerusakan DNA sel merupakan penyebab utama terjadinya kanker, di mana kerusakan ini mengakibatkan sel-sel yang tidak berfungsi dengan baik dan tidak dapat memperbaiki diri. Sel-sel kanker cenderung berkembang biak secara tidak terbatas, mengakibatkan dampak serius bagi kesehatan (Putu Pradnya Paramitha Dewi, 2017).

Kanker dapat diobati dengan beberapa metode, seperti operasi, kemoterapi, radioterapi, atau kombinasi dari ketiganya. Pilihan metode ini ditentukan oleh dokter berdasarkan jenis dan tingkat keparahan kanker serta kondisi kesehatan pasien (Bambang Haris Suharmono, 2021). Radioterapi menjadi salah satu metode pengobatan yang penting dalam menangani kanker endometrium (BAPETEN, 2022). Metode ini menggunakan radiasi pengion untuk menghancurkan sel kanker, baik melalui teknik radiasi eksternal maupun brakhiterapi atau dengan keduanya yang dapat dikombinasikan. Untuk memberikan dosis tambahan/booster setelah pemberian radiasi eksterna yaitu brakhiterapi (Susworo dan Kodrat Henry, 2017).

Brakhiterapi yang berarti "perawatan jarak dekat", adalah bentuk radioterapi di mana sumber radiasi ditempatkan langsung di dekat atau di dalam jaringan tumor (Kasmudin, 2021). Alat untuk memasukkan ke dalam kanker untuk menghantarkan radiasi adalah dengan menggunakan aplikator, jenis-jenis aplikator pada kanker ginekologi adalah aplikator silinder, aplikator ring, aplikator fletcher dan ovoid, dan aplikator ginekologi (Marlina Yoke, 2021). Teknik ini terbukti efektif untuk mengobati berbagai jenis kanker, termasuk kanker endometrium, dengan tujuan memberikan dosis maksimum pada jaringan kanker sambil meminimalkan dampak pada jaringan sehat di sekitarnya (Yasinta E. Daniartie, 2022). Distribusi dosis ke jaringan normal dapat dihitung dengan histogram volume-dosis (DVH). Faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan pemberian dosis pada setiap pasien tergantung pada keadaan pasien, kondisi kanker dan ukuran organ target maupun *organ at risk* yang dianalisa melalui pengukuran volume (Nuraini Rianti Nazmi, 2022).

Pentingnya pemahaman tentang dosis yang diterima oleh organ target dan organ yang berisiko (*organ at risk/OAR*) dalam pengobatan brakhiterapi tidak dapat diabaikan. Dengan menggunakan alat aplikator yang tepat, seperti aplikator silinder yang digunakan di Instalasi Radioterapi RSUP Persahabatan, analisis dosis dapat dilakukan untuk memastikan bahwa pasien menerima dosis radiasi yang sesuai dengan batas toleransi yang telah ditetapkan. Berdasarkan pedoman protokol *Embrace II* protokol dan Petter untuk dosis maksimal pada HRCTV D90 adalah 90-95 Gy dan organ *at risk* pada area *Sigmoid* dengan toleransi dosis $D_{2cm^3} < 75$ Gy, rektum dengan toleransi dosis $D_{2cm^3} < 75$ Gy, kandung kemih dengan toleransi dosis $D_{2cm^3} < 95$ Gy, dan Usus Halus $D_{2cm^3} < 66$ Gy, organ *at risk* adalah organ yang berisiko pada terapi brakhiterapi untuk kanker serviks dan kanker endometrium (Petter Hoskin dan

Cathrine Coyle, 2013) (Pötter.2022). Efek samping yang dapat terjadi apabila melebihi batas toleransi yaitu bisa menyebabkan adanya pendarahan pada rektum, stenosis ureter, dan yang sering terjadi pada toksisitas bagian kandung kemih adalah frekuensi, urgensi, dan sistitis, Studi EMBRACE pada 701 pasien tidak menunjukkan hubungan signifikan antara dosis D2cm3 pada sigmoid dan usus dengan efek samping, karena mobilitas organ ini sulit dipantau. Data pergerakan antar sesi brakhiterapi tidak tercatat, sehingga efek dosis pada organ mungkin tidak sepenuhnya terukur. Namun, pada dosis di atas 70-75 Gy, risiko perdarahan rektal meningkat signifikan. Oleh karena itu, dosis untuk sigmoid dan usus sebaiknya dibatasi hingga 70 Gy jika memungkinkan untuk mengurangi risiko efek samping (Pötter.2022) Dosis maksimum yang diterima oleh volume organ target dan batasan dosis untuk organ berisiko harus dipertimbangkan dengan cermat agar pengobatan dapat dilakukan secara efektif dan aman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi dosis yang diterima oleh organ target dan organ at risk pada pasien kanker endometrium selama pengobatan brakhiterapi. Dengan melakukan analisis ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai kepatuhan terhadap batas dosis yang telah ditentukan, Melalui penelitian ini, penulis berharap dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efektivitas pengobatan kanker endometrium dengan brakhiterapi. Penghitungan dosis ini telah dikalkulasikan dari pengobatan EBRT, setelah pengobatan EBRT mendapatkan pengobatan brakhiterapi sebagai pengobatan tambahan, penghitungan dosis ini berfokus pada dosis brakhiterapi.

METODE

Penelitian ini merupakan studi analisis deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis dosis yang diterima oleh organ target dan organ at risk pada brakhiterapi kanker endometrium menggunakan aplikator silinder di Instalasi Radioterapi RSUP Persahabatan. Data diperoleh dari sistem perencanaan pengobatan (TPS) dan dianalisis menggunakan Dose Volume Histogram (DVH). Variabel independen adalah alat aplikator, variabel dependen adalah dosis pada organ target dan *organ at risk*, dan variabel kontrol adalah dosis total pada organ target dan *organ at risk*.

Penelitian dilaksanakan dari Juni hingga Agustus 2024 di Instalasi Radioterapi RSUP Persahabatan. Populasi mencakup semua pasien kanker endometrium yang menjalani brakhiterapi dengan aplikator silinder, dengan sampel terdiri dari 30 pasien yang diambil dari data sekunder TPS.

Alat dan Bahan

Pesawat brachiterapy dengan merk saginova menggunakan cobalt-60 dengan sistem after loading dengan TPS type Bebig, aplikator silinder, komputer TPS, dan alat tulis untuk mencatat dosis yang diterima oleh pasien.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan mencatat data dosis dari DVH setelah perencanaan dosis oleh fisikawan medis dilakukan dan pengumpulan data dilakukan dari TPS untuk menganalisis dosis yang diterima oleh organ target dan *organ at risk*. Analisis ini dilakukan menggunakan SPSS versi 22 untuk menghitung nilai mean, standar deviasi, dosis maksimal, dan dosis minimal yang diterima oleh pasien. Membandingkan dosis yang diterima oleh pasien dengan nilai batas dosis toleransi Berdasarkan pedoman protokol Embrace II dan Petter untuk dosis maksimal pada HRCTV D90 adalah 90-95 Gy dan menurut Petter *organ at risk* pada area Sigmoid dengan toleransi dosis D2cm³ <75 Gy, rektum dengan toleransi dosis D2cm³ <75 Gy, kandung kemih dengan toleransi dosis D2cm³ <95 Gy, dan Usus Halus D2cm³ <66 Gy, *organ*

at risk adalah organ yang berisiko pada terapi brakhiterapi untuk kanker endometrium dan kanker *cervix* (Petter Hoskin dan Cathrine Coyle, 2013) (Pötter.2022).

HASIL

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan berdasarkan pada pasien penderita kanker endometrium pada pengobatan brakhiterapi menggunakan aplikator silinder dengan jumlah sample 30 pasien.

Tabel 1. Dosis yang Diterima Oleh Pasien pada Organ Target HRCTV D90 yang Diterima Oleh Pasien

Jumlah Pasien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
HRCTV D90 (EQD ₂) Gy	90,0	81,95	90,47	81,54	85,24	88,55	81,75	80,7	82,98	80,06	79,74	81,04	82,59	78,19	80,74
Jumlah Pasien	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
HRCTV D90 (EQD ₂) Gy	80,7	79,72	88,53	80,68	78,17	82,96	90,04	81,06	90,45	85,26	81,06	82,61	78,19	79,74	82,77

Tabel 2. Hasil Analisis Dosis EQD₂ pada Dosis HRCTV D90 yang Diterima Oleh Pasien

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Jumlah Pasien	30	1	30	15,50	8,803
HRCTV D90 (EQD ₂) Gy	30	78,17	90,47	82,9190	3,84622
Valid N (listwise)	30				

Dari data yang telah diperoleh, nilai mean dosis yang diterima oleh organ target pada HRCTV D90 tercatat rata-rata sebesar 82,9190 Gy, nilai standar deviasi adalah 3,84622, nilai maximum yang diperoleh adalah 90,47 Gy dan nilai minimum adalah 78,17. Dengan adanya hasil ini bahwa, nilai maksimum yang diterima oleh pasien adalah 90.47 yang dimana masih di bawah nilai batas dosis yang diterima oleh pasien, karena berdasarkan pedoman protokol Embrace II untuk dosis maksimal pada HRCTV D90 adalah 90-95 Gy.

Tabel 3. Dosis yang Diterima Oleh Pasien pada Organ At Risk pada Organ Kandung Kemih

Jumlah Pasien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kandung kemih D ₂ cm ³ (EQD ₂) Gy	69,48	68,83	67,46	71,12	73,63	68,66	71,23	58,81	66,82	59,05	67,75	61,94	68,28	67,58	67,29
Jumlah Pasien	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Kandung kemih	70,25	71,14	69,5	67,44	58,68	71,26	66,84	73,63	71,14	67,46	67,77	68,86	66,84	59,07	69,52

D_2cm^3
(EQD2
Gy)

Tabel 4. Dosis yang Diterima Oleh Pasien pada Organ *At Risk* pada Organ Rektum

Jumlah Pasien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rektum D_2cm^3 (EQD2) Gy	68,88	73,67	71,04	71,87	69,88	74,81	66,21	68,23	65,15	66,42	70,25	69,76	67,49	74,9	72,44
Jumlah Pasien	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rektum D_2cm^3 (EQD2) Gy	78,04	66,44	71,06	74,84	66,24	70,28	71,06	69,9	65,17	74,10	68,9	72,46	68,25	73,69	70,24

Tabel 5. Hasil Analisis Dosis EQD2 pada Dosis Organ *At Risk* pada Kandung Kemih D_2cm^3 dan Rektum D_2cm^3 yang Diterima Oleh Pasien

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Jumlah Pasien	30	1	30	15,50	8,803
Organ <i>At Risk</i> Pada kandung kemih D_2cm^3 (EQD2)	30	58,68	73,63	67,5777	4,13554
Organ <i>At Risk</i> Pada Rektum D_2cm^3 (EQD2)	30	65,15	78,04	70,3890	3,26678
Valid N (listwise)	30				

Dari data yang telah diperoleh, nilai mean dosis yang diterima oleh organ at risk pada kandung kemih tercatat rata-rata sebesar (67,5777Gy), nilai standar deviasi adalah (4,13554), nilai maximum yang diperoleh adalah (73,63) Gy dan nilai minimum adalah (58,68). Dengan adanya hasil ini bahwa nilai maksimum yang diterima oleh pasien adalah (73,63) yang dimana masih di bawah nilai batas dosis yang diterima oleh pasien, karena menurut petter, kandung kemih dengan toleransi dosis $D_2cm^3 < 95$ Gy. Sedangkan untuk data yang telah diperoleh, nilai mean dosis yang diterima oleh organ at risk pada rektum tercatat rata-rata sebesar (70,3890) Gy, nilai standar deviasi adalah (3,26678), nilai maximum yang diperoleh adalah (78,04) Gy dan nilai minimum adalah (65,15). Dengan adanya hasil ini, bahwa nilai maksimum yang diterima oleh pasien no 16 pada rektum adalah (78,04) yang dimana hasil ini telah melewati batas toleransi untuk mendapatkan dosis maksimal pada bagian endometrium dan akan mendapatkan efek samping pada bagian rektum karena rektum adalah bagian organ terdekat dengan endometrium. Efek samping pada rektum apabila dosis toleransi melebihi batas toleransi adalah bisa terjadi pendarahan pada rektum, dengan terjadinya pendarahan rektum ini telah dianalisis oleh protokol Embrace jika dosis berada pada 70-75 Gy. Berdasarkan pedoman protokol Embrace II dan petter batas dosis yang dapat ditoleransi adalah < 75 Gy endometrium (Petter Hoskin dan Cathrine Coyle, 2013) (Pötter.2022).

PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengobatan brakhiterapi pada kasus kanker endometrium, pasien harus mengetahui penyakit kanker endometrium dan pengobatan brakhiterapi, tujuan ini untuk memberikan pengetahuan atau gambaran bagi pembaca dan pasien yang sedang mengalami kanker endometrium dan sedang menjalani pengobatan brakhiterapi.

Kanker Endometrium

Kanker endometrium, yang juga dikenal sebagai kanker rahim, adalah salah satu kelainan yang dapat terjadi pada endometrium. Di Indonesia, kanker endometrium menduduki peringkat kedua dalam jenis keganasan ginekologi yang dialami oleh wanita. Kanker ini berkembang dari lapisan dalam rahim yang disebut endometrium (Brohet, K. E., & Ramli, 2015). Jenis yang paling umum dari kanker endometrium adalah karsinoma, yang berasal dari lapisan sel epitel tunggal yang melapisi endometrium dan membentuk kelenjar-kelenjar (Dr S. Selva (Sevellaraja Supermaniam), 2016).

Etiologi dan Faktor Resiko

Penyebab pasti dari kanker endometrium belum diketahui dengan pasti, namun terdapat beberapa faktor risiko yang terkait. Faktor risiko utama adalah ketidakseimbangan hormon estrogen. Tingginya kadar estrogen dalam tubuh, bersama dengan kadar progesteron yang rendah, menyebabkan efek mitogenik dari estrogen tidak seimbang dengan efek inhibisi dari progesteron. Faktor risiko lainnya termasuk nuliparitas, siklus menstruasi anovulatoir, obesitas, di mana risiko kanker endometrium meningkat dua kali lipat pada wanita dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) di atas 25 kg/m², dan tiga kali lipat pada wanita dengan IMT lebih dari 30 kg/m². Diabetes mellitus tipe 2 dan hipertensi juga meningkatkan risiko kanker endometrium. Meskipun obesitas sering kali dianggap sebagai penyebab di balik faktor risiko ini, data menunjukkan bahwa diabetes mellitus tipe 2 dan hipertensi juga secara independen mempengaruhi risiko ini. Penggunaan terapi penggantian hormon dan kontrasepsi oral juga meningkatkan risiko kanker endometrium (Brohet & Ramli, 2015).

Diagnostik dan Penentuan Stadium

Sebelum melakukan pemeriksaan patologi anatomi untuk menegakkan diagnosis kanker endometrium, anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang lainnya diperlukan. Aspek penting yang harus diperhatikan adalah ukuran uterus, keterlibatan leher rahim dan vagina, keberadaan asites, serta pembesaran kelenjar getah bening panggul atau inguinal. Biopsi aspirasi endometrium merupakan langkah pertama dalam evaluasi pasien dengan perdarahan uterus abnormal atau dicurigai mengalami gangguan patologis pada endometrium. Jika ditemukan kecurigaan terhadap lesi patologis pada serviks, dilakukan kuretase endoserviks saat biopsi endometrium. Histeroskopi dan dilatasi dan kuretase (D&C) diperlukan dalam kondisi seperti stenosis serviks, perdarahan berulang setelah biopsi endometrium dengan hasil negatif, atau ketidakcukupan spesimen untuk mengevaluasi perdarahan abnormal. Ultrasonografi transvaginal dapat mendukung biopsi endometrium, dan ketebalan endometrium di atas 4 mm yang terdeteksi melalui USG memerlukan evaluasi lebih lanjut. Penentuan stadium kanker dapat dilakukan dengan pemeriksaan penunjang seperti CT-Scan, MRI, PET-scan, dan USG, tergantung pada kebutuhan klinis dan pencitraan yang diperlukan. Jika MRI tidak bisa dilakukan, CT-Scan abdomen panggul dan USG panggul dapat dipertimbangkan. PET-CT dapat dipertimbangkan untuk kasus dugaan stadium III-IV. Evaluasi prabedah menurut pedoman ESMO melibatkan foto thoraks, USG transvaginal, pemeriksaan darah lengkap, serta fungsi hati dan ginjal. CT-Scan abdomen digunakan untuk mendeteksi penyebaran di luar panggul, sementara MRI dengan kontras adalah pilihan optimal

untuk menilai area serviks dan sekitarnya. International Federation of Gynecology and Obstetrics merekomendasikan pembedahan sebagai metode untuk menentukan stadium karsinoma korpus uteri. Prosedur pembedahan untuk kanker endometrium mencakup lavase peritoneum, biopsi lesi mencurigakan dengan eksplorasi pelvis dan abdomen, histerektomi radikal, salpingooforektomi bilateral, dan diseksi kelenjar getah bening panggul serta para-aorta bilateral. Pemeriksaan patologi pada uterus mencakup evaluasi ukuran tumor, kedalaman invasi ke miometrium, stroma serviks, dan ekstensi glandular. Semua kelenjar getah bening panggul dan para-aorta yang mencurigakan harus dievaluasi secara patologis.

Tabel 6. Perbandingan Penentuan Stadium Kanker Endometrium Berdasarkan FIGO 2023 (Berek et al., 2023)

Tahap	Deskripsi
Tahap I	Terbatas pada korpus uterus dan ovarium
IA	Penyakit terbatas pada endometrium atau tipe histologis non-agresif, yaitu endometrioid tingkat rendah, dengan invasi kurang dari setengah miometrium tanpa keterlibatan ruang limfovaskular fokal (LVSI) atau prognosis penyakit yang baik.
	IA1 Tipe histologis non-agresif terbatas pada polip endometrium atau terbatas pada endometrium
	IA2 Tipe histologis non-agresif yang melibatkan kurang dari separuh miometrium tanpa atau LVSI foka
	IA3 Karsinoma endometrioid tingkat rendah terbatas pada rahim dan ovarium
IB	Tipe histologis non-agresif dengan invasi setengah atau lebih miometrium, dan tanpa LVSI atau fokal
IC	Tipe histologis agresif terbatas pada polip atau terbatas pada endometrium
Tahap II	Invasi stroma serviks tanpa perluasan ekstrauterin atau dengan LVSI substansial atau tipe histologis agresif dengan invasi miometrium
IIA	Invasi stroma serviks tipe histologis non-agresif
IIB	LVSI substansial dari tipe histologis non-agresif
IIC	Tipe histologis agresif dengan keterlibatan miometrium apa pun
Tahap III	Penyebaran tumor secara lokal dan/atau regional dengan sub tipe histologis apa pun.
	Invasi serosa uterus, adneksa, atau keduanya melalui perluasan langsung atau metastasis
	IIIA1 Penyebaran ke ovarium atau tuba falopi (kecuali bila memenuhi kriteria stadium IA3)
	IIIA2 Keterlibatan subserosa uterus atau penyebaran melalui serosa uterus
III B	Metastasis atau penyebaran langsung ke vagina dan/atau ke parametria atau peritoneum panggul
	IIIB1 Metastasis atau penyebaran langsung ke vagina dan/atau parametria
	IIIB2 Metastasis ke peritoneum panggul
IIIC	Metastasis ke kelenjar getah bening panggul atau para-aorta atau keduanya.
	IIIC1 Metastasis ke kelenjar getah bening panggul
	Mikrometastasis IIIC1i
	IIIC1ii Makrometastasis
	IIIC2 Metastasis ke kelenjar getah bening para-aorta sampai ke pembuluh darah ginjal, dengan atau tanpa metastasis ke kelenjar getah bening panggul
	Mikrometastasis IIIC2i
	IIIC2ii Makrometastasis

Tahap IV	Penyebaran ke mukosa kandung kemih dan/atau mukosa usus dan/atau metastasis jarak jauh
IVA	Invasi pada mukosa kandung kemih dan/atau mukosa usus/usus
IV B	Metastasis peritoneum perut di luar panggul
IVC	Metastasis jauh, termasuk metastasis ke kelenjar getah bening ekstra atau intra-abdomen di atas pembuluh ginjal, paru-paru, hati, otak, atau tulang.

Tabel 7. Derajat Keganasan Histopatologi Kanker Endometrium ESMO, 2022 (Oaknin et al., 2022) Kelompok Risiko EC

Kelompok Risiko	Deskripsi
Resiko Rendah	Stadium IA (G1-G2) dengan tipe endometrioid (DMMRB dan NSMP) dan tidak ada atau LVSI fokus. Kanker POLEmut stadium I/II; untuk kanker POLEmut stadium IIIc.
Resiko Menengah	Stadium IA G3 dengan tipe endometrioid (DMMR dan NSMP) dan tidak ada atau LVSI fokus. Stadium IA tipe non-endometrioid (karsinoma serosa, sel bening, tidak berdiferensiasi, karsinosarkoma, campuran) dan/atau kanker p53-abn tanpa invasi miometrium dan tanpa atau LVSI fokal. Stadium IB (G1-G2) dengan tipe endometrioid (dMMR dan NSMP) dan tanpa atau LVSI fokus Tipe endometrioid stadium II G1 (dMMR dan NSMP) dan tidak ada atau LVSI fokal
Risiko menengah tinggi	Tipe endometrioid stadium I (dMMR dan NSMP) tingkat apa pun dan kedalaman invasi apa pun dengan LVSI substansial. Stadium IB G3 dengan tipe endometrioid (dMMR dan NSMP) tanpa memandang LVSI. Tipe endometrioid G1 stadium II (dMMR dan NSMP) dengan LVSI substansial. Tipe endometrioid stadium II G2-G3 (dMMR dan NSMP)
Berisiko tinggi	Semua stadium dan semua histologi dengan p53-abn dan invasi miometrium. Semua stadium dengan karsinoma serosa atau tidak berdiferensiasi termasuk karsinosarkoma dengan invasi miometrium. Semua stadium III dan IVA tanpa sisa tumor, tanpa memandang histologi dan tanpa memandang sub tipe molekuler.

Pengetahuan Tentang Brakhiterapi

Brakhiterapi berasal dari bahasa Yunani yaitu “*Brachy*” artinya jarak dekat atau pendek, dan *Therapy* artinya penanganan atau perawatan, yang berarti brakhiterapi atau radioterapi internal adalah sumber radiasi untuk pengobatan kanker yang ditempatkan dari jarak dekat pada daerah kanker atau jaringan tubuh yang terkena kanker. Sumber radiasi dalam brakhiterapi umumnya tertutup atau terbungkus sehingga dapat diletakkan pada permukaan kanker secara langsung, dapat dimasukkan kedalam rongga tubuh yang terkena kanker atau dapat disisipkan kedalam organ (Kasmudin, 2021).

Tujuan Brakhiterapi

Brakhiterapi memberikan tujuan untuk mengobati menggunakan radiasi dengan memberikan dosis semaksimal mungkin pada jaringan kanker dan meminimalkan dosis pada jaringan yang sehat. apabila jaringan sehat diberikan dosis melebihi batas toleransi, maka akan terjadi efek samping terhadap jaringan yang sehat (Yasinta E. Daniartie, 2022).

Tahapan Perencanaan Brakhiterapi

Salah satu langkah penting dan berpengaruh dalam proses radioterapi adalah perencanaan radiasi. Dengan perencanaan yang baik, tujuan radioterapi, yaitu memberikan dosis radiasi

dengan maksimal pada tumor dan mengurangi paparan radiasi pada jaringan sehat di sekitarnya. Dalam perencanaan radiasi, beberapa komponen yang perlu diperhatikan : Stadium kanker pasien. Jenis pemeriksaan pencitraan yang tersedia dan berguna dapat membantu dalam menentukan struktur penting dan area target. Ketersediaan peralatan radioterapi yang dibutuhkan. Ketersediaan sumber daya manusia

Tahapan-tahapan dalam perencanaan dan pelaksanaan radioterapi

Konsultasi

Sebelum memulai terapi, pasien akan berkonsultasi dengan dokter onkologi radioterapi. Selama konsultasi, mereka akan melakukan pemeriksaan fisik dan wawancara medis, serta memeriksa semua informasi dan hasil pemeriksaan tambahan yang telah dilakukan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Susworo dan Kodrat 2017, studi tambahan yang mungkin dilakukan meliputi: Pemeriksaan klinis ginekologis yang meliputi inspeksi, palpasi pervagina dan per-rektal , dan, jika diperlukan, biopsi lesi tumor. Tes laboratorium seperti tes hematologi rutin dan tes kimia darah untuk fungsi ginjal dan hati. Melakukan rektoskopi untuk menilai kondisi rektum. Melakukan foto radiologi thoraks untuk mengevaluasi kondisi dada dan paru-paru. Ct-Scan dan MRI.

Simulasi

Dokter radioterapi akan membuat rencana terapi radiasi setelah konsultasi. Perangkat simulator dan mesin X-Ray C-Arm digunakan untuk simulasi proses perencanaan radiasi. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi garis ortogonal dalam kedua posisi anteroposterior dan posteroanterior (Ingki, 2018)

Treatment Planning System (TPS)

Untuk menjamin homogenitas radiasi pada area target yang dituju, tahapan penting dalam pelaksanaan radioterapi adalah sistem perencanaan perawatan (TPS). Target radiasi dapat menerima dosis radiasi yang diinginkan berkat kemajuan teknologi elektronik dan komputer(Susworo dan Kodrat Henry, 2017). Target volume, energi radiasi yang digunakan, jumlah fraksinasi, dan dosis yang diberikan adalah informasi yang dimasukkan ke dalam Sistem Perencanaan Pengobatan (TPS). Komputer *Treatment Planning System* (TPS) secara otomatis menghitung dan menghasilkan distribusi dosis serta menghitung dosis radiasi terhadap volume organ yang direpresentasikan dalam *Dose Volume Histogram* (DVH). DVH (*Dose Volume Histogram*), digunakan untuk mengukur jumlah dosis yang diterima oleh volume target dan organ-organ yang berisiko di sekitarnya. Hasil akhir perencanaan radiasi, yang telah diverifikasi oleh dokter spesialis onkologi radiasi, mencakup parameter penyinaran, kurva isodosis.

Teknik Brakhiterapi

Pada teknik brakhiterapi terdapat berbagai cara yaitu: Brakhiterapi *intrakaviter* adalah ketika sumber radiasi ditempatkan atau dimasukkan ke dalam rongga tubuh, seperti dalam kasus kanker serviks dan kanker nasofaring. Brakhiterapi dengan implantasi atau *interstisial* adalah ketika sumber radiasi ditanam di dalam jaringan kanker, seperti dalam kasus tumor lidah, kandung kemih, payudara, kulit, dan prostat. Brakhiterapi *intraperitoneal* melibatkan penggunaan larutan yang mengandung radioisotop untuk mengobati metastasis kanker di dinding rongga peritoneum. Brakhiterapi *intraluminal* adalah ketika sumber radiasi ditempatkan di dalam saluran tubuh, seperti dalam kasus kanker esofagus dan kanker bronkus. Brakhiterapi *intravaskular* adalah ketika sumber radiasi ditempatkan di dalam pembuluh darah koroner jantung untuk mengatasi *restenosis coroner* (Bambang Haris Suharmono, 2021).

Alat untuk memasukkan ke dalam kanker untuk menghantarkan radiasi adalah dengan menggunakan aplikator, jenis-jenis aplikator pada kanker ginekologi adalah aplikator silinder, aplikator ring, aplikator fletcher dan ovoid, dan aplikator ginekologi (Marlina Yoke, 2021). Brakhiterapi pada indikasi kanker endometrium umumnya menggunakan aplikator silinder vagina (Susworo dan Kodrat Henry, 2017)

Jenis-Jenis Aplikator

Setelah operasi, brakiterapi vagina biasanya menggunakan aplikator meliputi : Aplikator silinder dengan panjang 2,5 hingga 10 cm dan diameter 20 hingga 40 mm. Dua ovoid berukuran berbeda dengan satu saluran masing-masing (Brohet & Ramli, 2015).

Penetapan Volume Tumor

Penetapan volume memiliki peranan penting untuk menghindari dalam kegagalan lokal, regional, dan sampai metastasis. penetapan volume target dilakukan penggambaran berdasarkan konsep *international commission on radiation units and measurements (ICRU-62)*.

Gros Tumor Volume (GTV)

GTV adalah bagian tumor yang dapat diraba, tampak dilihat oleh mata telanjang dengan bantuan alat imejing seperti ct-scan, mri ataupun pet-scan, GTV ini dapat berupa bagian dari organ atau seluruh organ, baik primer maupun metastasis. GTV ini tidak dapat teridentifikasi apabila tumor telah dioperasi.

Clinical Target Volume (CTV)

Clinical Target Volume (CTV) adalah konsep kliniko-onkologik anatomik. Cakupan CTV adalah GTV yang ditambahkan ke area yang dapat terkena tumor subklinis atau mikroskopik. Tidak mungkin untuk memeriksa daerah jangkitan ini secara imejing atau klinis. Kekambuhan sangat mungkin terjadi jika daerah yang potensial ini tidak mendapatkan pengobatan yang cukup. CTV1 terdiri dari daerah yang berpotensi terkena jangkitan perkontinuitas, seperti jaringan di sekitarnya, dan CTV2 terdiri dari penyebaran limfogen, seperti kelenjar getah bening regional dan metastasis hematogen.

Planning Target Volume (PTV)

Perencanaan target sistem (PTV, atau volume target yang telah direncanakan) adalah sebuah konsep geometris yang dibentuk berdasarkan penilaian klinis dan prinsip fisika, menggunakan alat seperti komputer, simulator, dan peralatan radioterapi. Untuk memastikan bahwa target terapi kanker (CTV) menerima dosis radiasi yang cukup, target ini dibentuk dengan mempertimbangkan data yang terintegrasi dalam perangkat lunak. Dalam proses perencanaan ini, banyak perhitungan dengan menyesuaikan faktor-faktor yang dinamis seperti pergerakan target yang disebabkan oleh denyut jantung, pernapasan, atau proses menelan juga dapat dipertimbangkan. Selain itu, kondisi kandung kemih yang kosong akan berbeda dalam perencanaan dibandingkan dengan kondisi kandung kemih yang penuh.

Treated Volume (TV, Volume Tercakup)

Treated Volume (TV, Volume tercapak) adalah Volume yang menerima paparan radiasi sesuai dengan rencana pengobatan dan distribusi dosis yang diinginkan seperti yang ditunjukkan oleh kurva isodosis.

Irradiate Volume (IV, Volume Terpajan)

Irradiate Volume (IV, Volume Terpajan) adalah volume yang terpengaruh oleh radiasi di dalam volume yang diobati (TV). Ini terjadi meskipun volume tersebut sebenarnya tidak

dirancang untuk menerima radiasi. Misalnya, ini terjadi ketika sebagian bahu kontralateral terkena paparan radiasi untuk kanker pita suara dalam penyinaran laterolateral (Susworo dan Kodrat Henry, 2017).

Organ At Risk (OAR)

Sensitivitas organ yang berisiko (OAR) terhadap radiasi dapat sangat memengaruhi rencana pengobatan dan dosis yang diberikan. OAR adalah jaringan normal yang penting. Untuk membentuk organ perencanaan pada volume risiko (PRV), setiap pergeseran atau ketidakpastian dalam penempatan organ berisiko (OAR) harus dipertimbangkan dengan memberikan margin yang sebanding dengan prinsip PTV. Margin dapat berubah dalam berbagai arah. Distribusi dosis ke jaringan normal dapat dihitung dengan *histogram volume-dosis* (DVH) (Nuraini Rianti Nazmi, 2022).

Efek Samping Brakhiterapi

Efek samping atau toksisitas yang dapat terjadi bisa menyebabkan adanya pendarahan pada rektum, stenosis ureter, dan yang sering terjadi pada toksisitas bagian kandung kemih adalah frekuensi, urgensi, dan sistitis. Studi EMBRACE pada 701 pasien tidak menunjukkan hubungan signifikan antara dosis D₂cm³ pada sigmoid dan usus dengan efek samping, karena mobilitas organ ini sulit dipantau. Data pergerakan antar sesi brakhiterapi tidak tercatat, sehingga efek dosis pada organ mungkin tidak sepenuhnya terukur. Namun, pada dosis di atas 70-75 Gy, risiko perdarahan rektal meningkat signifikan. Oleh karena itu, dosis untuk sigmoid dan usus sebaiknya dibatasi hingga 70 Gy jika memungkinkan untuk mengurangi risiko efek samping (Pötter, 2022).

Manfaat Brakhiterapi

Manfaat brakhiterapi bagi pasien diantaranya : Brakhiterapi terbukti lebih efektif, karena Brakhiterapi memberikan radiasi langsung ke tumor yang diobati karena tidak perlu menembus jaringan atau organ lain yang dapat mencegah radiasi masuk ke sel tumor. Selain itu, radiasi dapat diberikan dalam dosis tinggi, sehingga waktu pengobatan menjadi lebih singkat. Radioterapi internal dapat mengurangi efek samping karena lebih tepat dan akurat dalam menargetkan tumor dan mengurangi efek samping pada jaringan disekitarnya. Brakhiterapi dapat digunakan bersamaan dengan pengobatan kanker lainnya, seperti kemoterapi dan prosedur bedah. Pemulihan pasien lebih cepat daripada operasi, sehingga mereka dapat kembali ke kehidupan normal segera setelah menjalani prosedur (Marlina Yoke, 2021).

Batas Dosis Toleransi pada Organ Target dan Organ At Risk

Berdasarkan pedoman protokol *Embrace II* dan Petter untuk dosis maksimal pada HRCTV D₉₀ adalah 90-95 Gy dan organ *at risk* pada area *Sigmoid* dengan toleransi dosis D₂cm³ <75 Gy, rektum dengan toleransi dosis D₂cm³ <75 Gy, kandung kemih dengan toleransi dosis D₂cm³ <95 Gy, dan Usus Halus D₂cm³ <66 Gy, organ at risk adalah organ yang berisiko pada terapi brakhiterapi untuk kanker serviks dan kanker endometrium (Petter Hoskin dan Cathrine Coyle, 2013).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dosis yang diterima oleh organ target dan *organ at risk* pada brakhiterapi kasus kanker endometrium, ditemukan bahwa nilai mean dosis yang diterima oleh organ target pada HRCTV D₉₀ adalah (82,9190) Gy, dengan dosis maksimum mencapai (90,47) Gy. Dosis ini masih berada dalam batas aman sesuai pedoman protokol *Embrace II* yang merekomendasikan dosis maksimal antara 90-95 Gy (Pötter, R., 2022). Sebaliknya, dosis

yang diterima oleh *organ at risk* menunjukkan hasil yang lebih variatif. Rata-rata dosis pada kandung kemih (*bladder*) tercatat sebesar (67,5777) Gy, di mana dosis maksimum mencapai (73,63) Gy, yang masih di bawah batas toleransi D2cm3 <95 Gy. Namun, untuk rektum, nilai mean dosis adalah (70,0913) Gy, dengan dosis maksimum mencapai (78,04) Gy, alasannya untuk memberikan dosis maksimal pada bagian endometrium dan akan ada efek samping pada organ rektum, karena organ rektum adalah organ terdekat dengan endometrium batas toleransi yang telah ditetapkan adalah <75 Gy menurut protokol Embrace II. Hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pemantauan dosis yang cermat untuk organ at risk, terutama rektum, guna meminimalkan risiko efek samping pada pasien. Oleh karena itu, perlu adanya penyesuaian teknik dan perencanaan dosis yang lebih hati-hati untuk memastikan keselamatan dan efektivitas pengobatan brakhiterapi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terimakasih khusus ditujukan kepada tim di Instalasi Radioterapi RSUP Persahabatan atas dukungan dan bantuan dalam proses pengumpulan data. Terimakasih juga disampaikan kepada pembimbing dan rekan sejawat yang telah memberikan masukan dan saran berharga dalam penelitian ini. Penghargaan dan rasa terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan moral selama penelitian ini berlangsung. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pengetahuan dalam bidang radioterapi, khususnya dalam pengobatan kanker endometrium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Haris Suharmono. (2021). Penatalaksanaan Qa Dan Qc Untuk Efektivitas Dan Keamanan Brakhiterapi Intrakaviter. *Journal Biosains Pascasarjana*, Vol. 23.
- BAPETEN. (2022). *Tentang Program Jaminan Kualitas Instalasi Radioterapi*.
- Berek, J. S., Matias-Guiu, X., Creutzberg, C., Fotopoulou, C., Gaffney, D., Kehoe, S., Lindemann, K., Mutch, D., & Concin, N. (2023). FIGO staging of endometrial cancer: 2023. *Journal of Gynecologic Oncology*, 34(5). <https://doi.org/10.3802/jgo.2023.34.e85>
- Brohet, K. E., & Ramli, I. (2015). Tatalaksana Radioterapi Kanker Endometrium Dengan Fokus Pada Stadium Dini. *Radioterapi & Onkologi Indonesia*, 6(1).
- Dr S. Selva (Sevellaraja Supermaniam). (2016). . *E-Book Bedah Laparoskopi dan Dr. S. Selva FRCOG Penyakit yang umumnya menyerang wanita Operasi dengan Bekas Luka yang Minimal dan Manfaat yang Maksimal*.
- Ingki Army Wicaksono. (2018). Skripsi. *Tatalaksana Brakhiterapi High Dose Rate Ir-192 Teknik Intrakaviter Pada Kasus Adenokarsinoma Endometrium Di Unit Radioterapi Rsup Dr. Sardjito Yogyakarta*.
- Kasmudin, K. (2021). Penentuan Karakteristik Fungsi Geometri dan Fungsi Anisotropi Sumber Iridium-192 untuk Brakhiterapi dengan Menggunakan Mcnp. *PRIMA-Aplikasi Dan Rekayasa Dalam Bidang Iptek Nuklir*, 18(2), 18-.
- Marlina Yoke. (2021). *Artikel tentang Saya Senantiasa Mengutamakan Kesehatan Penderita*.
- Nuraini Rianti Nazmi. (2022). *Analisi Dosis Organ Target Dan Organ At Risk Pada Brakhiterapy Kanker Serviks Dengan Aplikator Ovoid Dan Tendem -Ovoid di Instalasai Radioterapi Rumah Sakit MRCCC Siloam*.
- Oaknin, A., Bosse, T. J., Creutzberg, C. L., Giordelli, G., Harter, P., Joly, F., Lorusso, D., Marth, C., Makker, V., Mirza, M. R., Ledermann, J. A., & Colombo, N. (2022). Endometrial cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and

- follow-up ☆. *Annals of Oncology*, 33(9), 860–877.
<https://doi.org/10.1016/j.annonc.2022.05.009>
- Petter Hoskin dan Cathrine Coyle. (2013). *E-Book Radiotherapy in Practice - Brachytherapy (2 ed.)*.
- Pötter, R., Lindegaard, J., Kirisits, C., Juergenliemk-schulz, I., Leeuw, A. De, Fortin, I., Kirchheiner, K., Georg, D., Nout, R., Seppenwoold, Y., Dorr, W., Liederer, T., & Tan, L. T. (n.d.). *EMBRACE-II*.
- Putu Pradnya Paramitha Dewi, I. N. G. B. (2017). Profil Pasien Kanker Endometrium Di Rsup Sanglah Denpasar Periode Agustus 2012 – Juli 2014,. *E-Jurnal Medika, Vol 6 No 8*.
- Susworo dan Kodrat Henry. (2017). *Buku tentang dasar-dasar radioterapi dan tatalaksana radioterapi penyakit kanker*. universitas indonesia-press jakarta.
- Yasinta E. Daniartie, dkk. (2022). Analisis Treatment Planning System dengan Menggunakan Teknik Box dan Teknik Antero Posterior-Postero Anterior pada Kasus Kanker Serviks. *Jurnal Progressive Physics Journal., Volume 3,*.