

**EFEK RADIOTERAPI TERHADAP PERUBAHAN PROFIL HEMATOLOGI PADA
PASIE KANKER PAYUDARA DIRUMAH SAKIT UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**ANANDA ADITYA RAFLI
C011221207**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER UMUM
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2026**



SKRIPSI 2025

**EFEK RADIOTERAPI TERHADAP PERUBAHAN PROFIL HEMATOLOGI
PADA PASIEN KANKER PAYUDARA DIRUMAH SAKIT UNIVERSITAS
HASANUDDIN**



ANANDA ADITYA RAFLI

C011221207

Pembimbing:

dr. Dimas Bayu, Sp.PD., K-HOM., MHPE

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2025

**THE EFFECT OF RADIOTHERAPY ON CHANGES IN
HEMATOLOGICAL PROFILES IN BREAST CANCER PATIENTS AT
HASANUDDIN UNIVERSITY HOSPITAL**



**Ananda Aditya Rafli
C011221207**

**Pembimbing:
dr. Dimas Bayu, Sp.PD., K-HOM., MHPE**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2025**

**EFEK RADIOTERAPI TERHADAP PERUBAHAN PROFIL HEMATOLOGI
PADA PASIEN KANKER PAYUDARA DIRUMAH SAKIT UNIVERSITAS
HASANUDDIN**

ANANDA ADITYA RAFLI

C011221207

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Pendidikan Dokter

pada

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2025

SKRIPSI

Efek Radioterapi Terhadap Perubahan Profil Hematologi pada Pasien Kanker Payudara di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin

Ananda Aditya Rafli

C011221207

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Kedokteran pada tanggal 25 bulan November tahun 2025 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Pendidikan Dokter
Departemen Ilmu Penyakit Dalam
Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,

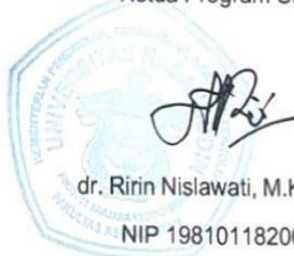


dr. Dimas Bayu, Sp.PD, K-HOM, MHPE, FINASIM

NIP 1983042010121004

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



dr. Ririn Nislawati, M.Kes., Sp.M.

NIP 19810118200912203

**PERNYATAAN KEASLIAN CIPTA
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul " Efek Radioterapi Terhadap Perubahan Profil Hematologi pada Pasien Kanker Payudara di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin " adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing dr. Dimas Bayu, Sp.PD, K-HOM, MHPE.,FINASIM. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin

Makassar, 24 Desember 2025



C011221207

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan kesempatan yang diberikan, saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efek Radioterapi terhadap Perubahan Profil Hematologi pada Pasien Kanker Payudara di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyelesaian penelitian, yaitu:

1. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada **Ibu dan Ayah** selaku orang tua tercinta. Terima kasih atas kasih sayang, pengorbanan, doa yang tiada henti, serta dukungan baik secara moral maupun material yang senantiasa diberikan kepada penulis. Segala motivasi, nasihat, dan semangat yang diberikan menjadi kekuatan utama sehingga penulis dapat melalui setiap proses penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai dengan baik dan tepat waktu.
2. Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada **Dekan** serta **Wakil Dekan** Fakultas Kedokteran Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Hasanuddin atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
3. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **dr. Dimas Bayu, Sp.PD, K-HOM, MHPE, FINASIM** selaku Dosen Pembimbing, yang telah meluangkan banyak waktu, berbagi ilmu, serta memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **dr. Aslim Taslim, Sp.Rad.Onk** dan **dr. Endy Adnan, Ph.D, Sp.PD-KR, FINASIM** selaku Dosen Penguji, yang telah memberikan waktu, bimbingan, serta masukan berharga yang telah diberikan. Saran dan arahan yang diberikan sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada teman-teman sejawat **INTE2FE2ON** atas kesediannya menjadi responden dan yang selalu memberikan semangat, motivasi dan dukungan kepada penulis. Semoga sehat selalu dan kesejawatan ini dapat terus terjalin hingga kapanpun
6. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **seluruh staf Program Studi** dan **Komite Etik** Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin serta RSUP Universitas Hasanuddin atas bantuan serta dukungan yang diberikan dalam proses administrasi, pengajuan, hingga persetujuan berkas penelitian, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
7. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat saya **Nurul Mutmainnah** yang sejak semester pertama selalu hadir memberikan bantuan, motivasi, serta dukungan tanpa henti serta semangat yang kalian

berikan telah menjadi sumber kekuatan berharga bagi penulis hingga akhirnya dapat menuntaskan skripsi ini. Terima kasih atas setiap perhatian, dorongan, dan kebersamaan yang tidak ternilai, yang berarti bagi perjalanan akademik dan pribadi penulis.

8. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat-sahabat saya **Gengci (diba,nabila,dinda,rezky,tarisa,wanda,sela,widya,sisi,cantika)** yang sejak semester keempat selalu hadir memberikan bantuan, motivasi, serta dukungan tanpa henti serta semangat yang kalian berikan telah menjadi sumber kekuatan berharga bagi penulis hingga akhirnya dapat menuntaskan skripsi ini. Terima kasih atas setiap perhatian, dorongan, dan kebersamaan yang tidak ternilai, yang berarti bagi perjalanan akademik dan pribadi penulis.
9. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat-sahabat saya **Teman bobo (Intan, nisa, margita, anjum)** yang sudah memberikan motivasi pada saat di posko KKN, selalu hadir memberikan bantuan, serta dukungan tanpa henti serta semangat yang kalian berikan telah menjadi sumber kekuatan berharga bagi penulis hingga akhirnya dapat menuntaskan skripsi ini. Terima kasih atas setiap perhatian, dorongan, dan kebersamaan yang tidak ternilai, yang berarti bagi perjalanan akademik dan pribadi penulis.
10. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat saya **Nurul Asilah D** yang sejak semester pertama selalu hadir memberikan bantuan, motivasi, serta dukungan tanpa henti serta semangat yang kalian berikan telah menjadi sumber kekuatan berharga bagi penulis hingga akhirnya dapat menuntaskan skripsi ini. Terima kasih atas setiap perhatian, dorongan, dan kebersamaan yang tidak ternilai, yang berarti bagi perjalanan akademik dan pribadi penulis.

Makassar, 02 Januari 2026



Ananda Aditya Rafli

ABSTRAK

Ananda Aditya Rafli. **EFEK RADIOTERAPI TERHADAP PERUBAHAN PROFIL HEMATOLOGI PADA PASIEN KANKER PAYUDARA DIRUMAH SAKIT UNIVERSITAS HASANUDDIN** (dibimbing oleh dr. Dimas Bayu, Sp.PD, K-HOM, MHPE, FINASIM).

Latar Belakang: Radioterapi merupakan salah satu modalitas utama dalam penatalaksanaan kanker payudara, namun dapat menimbulkan efek samping hematologis akibat paparan radiasi terhadap sumsum tulang. Evaluasi perubahan parameter hematologi penting untuk mencegah komplikasi selama terapi.

Tujuan: Menilai efek radioterapi terhadap perubahan kadar hemoglobin, jumlah leukosit, dan trombosit pada pasien kanker payudara.

Metode: Penelitian ini merupakan studi observasional prospektif yang dilakukan di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Hasanuddin pada periode Januari 2022-Desember 2024. Sebanyak 61 pasien kanker payudara yang memenuhi kriteria inklusi diikutsertakan dengan teknik total sampling. Parameter hematologi (hemoglobin, leukosit, dan trombosit) dievaluasi secara serial selama fraksi radioterapi. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji Friedman dan model campuran linear dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Hasil: Kadar hemoglobin tidak menunjukkan perubahan bermakna secara statistik hingga fraksi ke-25 ($p > 0,05$). Sebaliknya, jumlah leukosit mengalami penurunan signifikan sejak fraksi ke-10 hingga fraksi ke-25 ($p < 0,05$), dengan pola penurunan progresif. Jumlah trombosit juga menurun secara signifikan pada seluruh fraksi radioterapi dibandingkan fraksi awal ($p < 0,001$), meskipun masih berada dalam batas klinis normal.

Kesimpulan: Radioterapi pada pasien kanker payudara berasosiasi dengan penurunan signifikan jumlah leukosit dan trombosit, namun tidak memengaruhi kadar hemoglobin secara signifikan. Pemantauan rutin parameter hematologi selama radioterapi sangat dianjurkan untuk mendukung manajemen pasien yang optimal.

Kata kunci: kanker payudara; radioterapi; hemoglobin; leukosit; trombosit

ABSTRACT

Ananda Aditya Rafli. **The Effect of Radiotherapy on Changes in Hematological Profiles in Breast Cancer Patients at Hasanuddin University Hospital** (supervised by dr. Dimas Bayu, Sp.PD, K-HOM, MHPE, FINASIM).

Background: Radiotherapy is a key treatment modality for breast cancer but may induce hematological adverse effects due to bone marrow exposure. Monitoring hematological parameters is essential to prevent therapy-related complications.

Objective: To evaluate the effect of radiotherapy on changes in hemoglobin levels, leukocyte counts, and platelet counts in breast cancer patients.

Methods: This prospective observational study was conducted at the Radiotherapy Unit of Hasanuddin University Hospital from January 2022 to December 2024. A total of 61 breast cancer patients were included using a total sampling technique. Hematological parameters (hemoglobin, leukocytes, and platelets) were serially assessed during radiotherapy fractions. Statistical analyses were performed using the Friedman test and linear mixed models, with $p < 0.05$ considered statistically significant.

Results: Hemoglobin levels did not show statistically significant changes up to the 25th radiotherapy fraction ($p > 0.05$). In contrast, leukocyte counts significantly decreased from the 10th to the 25th fraction ($p < 0.05$), showing a progressive decline. Platelet counts also demonstrated a significant reduction across all radiotherapy fractions compared to baseline ($p < 0.001$), although values remained within normal clinical limits.

Conclusion: Radiotherapy in breast cancer patients is associated with significant reductions in leukocyte and platelet counts but does not significantly affect hemoglobin levels. Routine hematological monitoring during radiotherapy is recommended to ensure optimal patient management.

Keywords: breast cancer; radiotherapy; hemoglobin; leukocytes; platelets

DAFTAR ISI

Halaman

UCAPAN TERIMA KASIH.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.4.1 Manfaat Klinis.....	2
1.4.2 Manfaat Akademis.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Definisi Radioterapi.....	4
2.2 Kanker Payudara.....	6
2.2.1 Definisi Kanker Payudara.....	6
2.2.2 Epidemiology Kanker Payudara.....	7
2.2.3 Patofisiologi Kanker Payudara.....	8
2.2.4 Faktor Risiko Penyakit Kanker Payudara.....	9
2.3 Teknik Penyinaran Kanker Payudara Dengan Teknik IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy).....	9
2.4 Komponen Darah.....	9
2.5 Variabel Dependen.....	10
2.6 Variabel Independen.....	10
2.7 Hubungan Antara Variabel Dependen dengan Variabel Independen.....	10
BAB III.....	11
KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEPTUAL.....	11
3.1 Kerangka Teori.....	11
3.2 Kerangka Konsep.....	11
3.3 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	12
3.4 Hipotesis.....	13
BAB IV.....	14
METODE PENELITIAN.....	14
4.1 Desain Penelitian.....	14
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	14
4.3 Populasi dan Sampel Penelitian.....	14
4.3.1 Populasi Target.....	14
4.3.2 Populasi Terjangkau.....	14
4.3.3 Sampel.....	14

4.3.4 Teknik Pengambilan Sampel.....	15
4.4 Kriteria Inklusi dan Kriteria Eksklusi.....	15
4.4.1 Kriteria Inklusif.....	15
4.4.2 Kriteria Eksklusi.....	15
4.5 Jenis Data dan Instrumen Penelitian.....	15
4.5.1 Jenis Data	15
4.5.2 Instrumen Penelitian.....	16
4.6 Manajemen Penelitian.....	16
4.6.1 Pengumpulan Data.....	16
4.6.2 Pengelolahan dan Analisis Data.....	16
4.7 Etika Penelitian	16
4.8 Alur Pelaksanaan Penelitian	17
4.9 Rencana Anggran Penelitian.....	17
BAB V.....	18
HASIL	18
5.1 Analisis Univariat	18
5.2 Analisis Bivariat.....	19
BAB VI.....	25
PEMBAHASAN.....	25
6.1 Pembahasan.....	25
BAB VII.....	28
KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
7.1 Kesimpulan	28
7.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....	30

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	12
Tabel 2 Rencana Anggaran Penelitian	17
Tabel 3 Karakteristik Responden.....	18
Tabel 4 Parameter hematologi selama radioterapi	19
Tabel 5 Pengaruh radioterapi terhadap haemoglobin	19
Tabel 6 Pengaruh radioterapi terhadap jumlah leukosit.....	21
Tabel 7 Pengaruh radioterapi terhadap jumlah trombosit	23

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1 Pesawat Linac.....	5
Gambar 2 Ilustrasi Kanker Payudara	7
Gambar 3 Kerangka Teori	11
Gambar 4 Kerangka Konsep	11
Gambar 5 Alur Penelitian.....	17
Gambar 6 Rerata nilai hemoglobin pasien terhadap radioterapi	20
Gambar 7 Sebaran nilai hemoglobin pasien terhadap radioterapi	21
Gambar 8 Rerata nilai leukosit pasien terhadap radioterapi	22
Gambar 9 Sebaran nilai leukosit pasien terhadap radioterapi.....	22
Gambar 10 Rerata nilai trombosit pasien terhadap radioterapi.....	23
Gambar 11 Sebaran nilai trombosit pasien terhadap radioterapi	24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radioterapi adalah suatu cara untuk menyembuhkan atau mengurangi rasa sakit pada penderita tumor atau kanker dengan menggunakan radiasi pengion. Penyinaran radioterapi dilakukan secara seri selama beberapa hari dalam seminggu. Penyinaran ini dinamakan dosis fraksinasi. Fraksi dilakukan sekali dalam sehari selama 5 hari dalam seminggu. Selama 2 hari dalam seminggu tidak dilakukan penyinaran untuk memberikan kesempatan pada sel melakukan regenerasi (Nisa et al., 2022).

Kanker atau neoplasma ganas adalah penyakit yang ditandai dengan kelainan siklus sel yang menimbulkan kemampuan sel untuk tumbuh tidak terkendali (pembelahan sel melebihi batas normal), menyerang jaringan biologis disekitarnya, maupun bermigrasi ke jaringan tubuh lain melalui sirkulasi darah. Penyakit Kanker merupakan salah satu penyakit tidak menular yang menjadi pusat perhatian di dunia. Pada tahun 2017, diperkirakan hampir 9 juta orang meninggal di seluruh dunia akibat penyakit kanker, angka ini akan terus meningkat hingga 13 juta orang per tahun di 2030 (Hidayati & Arifah, 2020).

Kanker adalah kondisi sel yang kehilangan kendali dalam mekanisme normalnya sehingga pertumbuhannya menjadi tidak normal dan cepat (Stephen, 2017). Sel Kanker mempunyai kemampuan menyusup ke jaringan di sekitarnya dan menyebar (metastasis) melalui pembuluh darah dan pembuluh getah bening.

Pengobatan primer penyakit kanker mencakup empat macam yaitu pembedahan, radioterapi, kemoterapi, dll. Radioterapi merupakan pengobatan yang biasa diterapkan ke pasien kanker sehingga menangani pertumbuhan sel kankernya. Terapi radiasi memakai radiasi taraf tinggi bertujuan membunuh sel kanker serta mengecilkan ukuran tumor. Namun, radioterapi ini menimbulkan efek bagi pasien kanker. Radioterapi dapat dihantarkan melalui dua metode yaitu radioterapi eksternal yang dipaparkan ke tubuh secara eksternal menggunakan mesin perawatan dan *brachytherapy* yang dipaparkan temporer atau permanen ke rongga tubuh. Adapun jenis radioterapi dapat digunakan sebagai terapi kuratif, paliatif maupun profilaksis (Harun et al., 2022).

Berdasarkan penelitian oleh Hidayati dan Arifah (2020) radioterapi dapat menurunkan rekurensi kanker dalam 10 tahun dari 35% menjadi 19,3% pada kanker payudara. Namun demikian, terapi yang diberikan dapat berpengaruh pada kualitas hidup pasien, salah satunya terjadinya anemia (Hidayati & Arifah, 2020). Anemia adalah kondisi di mana tubuh kekurangan sel darah merah atau hemoglobin yang cukup untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Anemia yang berkembang akibat radioterapi dapat memengaruhi komponen darah lainnya, termasuk leukosit dan trombosit. Meskipun dampak radioterapi pada leukosit dan trombosit tidak sejelas dampaknya pada sel darah merah, perubahan dalam jumlah dan fungsi sel darah lainnya juga mungkin terjadi. Oleh karena itu, pemantauan teliti terhadap parameter darah, termasuk hemoglobin,

leukosit, dan trombosit, penting selama dan setelah sesi radioterapi untuk memastikan deteksi dini dan manajemen yang tepat terhadap perkembangan anemia dan perubahan darah lainnya.

Berdasarkan hal tersebut, perubahan leukosit, trombosit, dan hemoglobin pada pasien kanker payudara khususnya di Rumah Sakit Unhas menjadi penting untuk ditangani khususnya pada pasien yang menerima radioterapi sehingga diharapkan dapat dilakukan penanganan secara komprehensif berdasarkan etiologi penyakit.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana perubahan tingkat hemoglobin, leukosit, dan trombosit pada pasien kanker payudara setelah menjalani sesi radioterapi di Rumah Sakit Unhas selama periode 2022?
2. Apakah terdapat hubungan antara dosis radioterapi yang diterima oleh pasien kanker payudara di Rumah Sakit Unhas dan perubahan tingkat hemoglobin, leukosit, serta trombosit pada pasien tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tinjauan Umum

Meneliti efek radioterapi terhadap perubahan tingkat leukosit, trombosit, dan hemoglobin pada pasien kanker payudara di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin selama periode 2022.

1.3.2 Tinjauan Khusus

1. Mengidentifikasi dan menganalisis perubahan tingkat hemoglobin pada pasien kanker payudara setelah menjalani sesi radioterapi di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin.
2. Mengevaluasi dampak radioterapi terhadap perubahan tingkat leukosit pada pasien kanker payudara dan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat memengaruhi perubahan ini.
3. Menilai pengaruh radioterapi terhadap tingkat trombosit pada pasien kanker payudara serta menentukan apakah terdapat korelasi antara dosis radioterapi dan perubahan trombosit.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Klinis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman ilmiah mengenai efek radioterapi pada perubahan komponen darah, khususnya hemoglobin, leukosit, dan trombosit pada pasien kanker payudara.

1.4.2 Manfaat Akademis

Hasil penelitian dapat menjadi dasar untuk pengembangan pedoman manajemen pasien kanker payudara yang menjalani radioterapi, membantu tim medis dalam pemantauan dan penanganan efek samping yang mungkin timbul.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Radioterapi

Radioterapi atau terapi radiasi adalah pengobatan yang menggunakan radiasi dosis tinggi untuk mematikan sel kanker. Prinsip utama radioterapi adalah menggunakan dosis radiasi yang optimal dengan memperhitungkan efek samping pada jaringan sehat seminimal mungkin. Radioterapi adalah salah satu tatalaksana multimodalitas pada pasien kanker, selain kemoterapi dan pembedahan. Radioterapi dapat diberikan sebagai terapi tunggal ataupun kombinasi dengan tatalaksana lain, seperti kemoradiasi atau ajuvan paska operasi. Lebih dari 50% penderita kanker akan membutuhkan radioterapi sebagai bagian dari penanganan penyakitnya. Radioterapi dapat diberikan dengan cara teleterapi atau radiasi eksternal, dan brakiterapi.

Radiasi eksternal adalah pemberian radiasi gelombang elektromagnetik atau partikel melalui suatu alat yang memiliki jarak antara sumber radiasi dengan target. Alat radiasi tersebut dapat berupa Linear Accelerator (LINAC) atau pesawat Cobalt-60. Sedangkan, Brakiterapi adalah pemberian radiasi dengan menempelkan sumber radiasi pada target. Brakiterapi dapat diberikan dengan aplikasi pada permukaan, intrakavitari, atau interstisial. Radiasi Eksterna merupakan metode yang paling sering digunakan, yaitu mencapai sekitar 90% dari keseluruhan tindakan radiasi. Teknik pemberiannya saat ini terus berkembang dengan upaya untuk memaksimalkan dosis pada tumor. Teknik radiasi terdiri dari *2D-RT (Two-Dimensional Radiation Therapy)*, *3D-CRT (Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy)*, *IMRT (Intensity-Modulated Radiation Therapy)*, *IGRT (Image-Guided Radiation Therapy)*, dan *SRT (Stereotactic Radiation Therapy)* (Pramitasari, 2019).

Linac merupakan instrumen penghasil elektron atau foton berenergi tinggi. Elektron berenergi tinggi digunakan untuk mengobati kanker/tumor yang posisinya dangkal (kulit), sedangkan berkas foton energi tinggi untuk mengobati kanker yang lokasinya lebih dalam. Pesawat Linac terdiri dari beberapa komponen *stand*, *RF power generator*, *electron gun*, *accelerating waveguide*, *gantry*, *elektron beam transport*, kepala Linac, meja kerja, dan *couch waveguide*. Kemudian elektron dilewatkan ke magnet pembelok yang akan membelokkan berkas elektron sebesar 90°. Elektron diteruskan melalui saluran berkas sampai menuju target. Elektron bertumbukan dengan target tungsten dan menghasilkan foton sinar X energi tinggi di kepala linac. Fungsi lain kepala linac adalah pembentukan berkas foton (Fardela et al., 2023)

Gambar 1 Pesawat Linac



Sinar-X energi tinggi yang terbentuk terdiri dari sinar X karakteristik dan sinar X Bremsstrahlung. Sinar X Bremsstrahlung terjadi saat elektron dengan energi kinetik berinteraksi dengan medan energi tinggi pada atom target. Saat inti atom dan elektron berdekatan, inti atom yang memiliki medan energi yang cukup besar untuk ditembus oleh elektron proyektil, sehingga inti atom memperlambat gerak elektron proyektil dan menyebabkan elektron proyektil kehilangan energi dan berubah menjadi sinar-X Bremsstrahlung.

2.1.1 Three-Dimensional Conformal Radiotherapy (3D-CRT)

Three Dimensional Conformal Radiotherapy atau 3D-CRT merupakan penggambaran dari proses perencanaan dan pemberian radioterapi pada data pencitraan 3 dimensi dan konformal yang merupakan bentuk dari penyinaran yang disesuaikan dengan bentuk target radiasi (Susworo dan Kodrat, 2017). Pengaturan berkas radiasi lebih kompleks dengan intensitas homogen dapat dihasilkan dengan terapi konformal, sehingga dapat diberikan dosis maksimal pada tumor dan dosis minimal pada jaringan sehat. Perencanaan 3D-CRT mempunyai prinsip komputerisasi secara forward, yakni setelah pengaturan berkas radiasi, dosis radiasi dan sudut penyinaran dilakukan perhitungan optimasinya. MLC dan sudut penyinaran dapat diatur jika dosis radiasi yang diinginkan belum tercapai.

2.1.2 Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)

IMRT merupakan metode dalam perencanaan terapi pemberian radiasi dengan berkas sinarnya non-uniform yang bertujuan agar distribusi dosis homogen sesuai dengan bentuk PTV atau bentuk target. Sehingga dosis maksimum yang diterima target dan dosis minimum yang diterima oleh organ sehat disekitarnya, sehingga tujuan dari radioterapi dapat dicapai dan kualitas hidup pasien akan lebih baik dan meningkat (Cho, 2018). Teknik IMRT diawali dengan pengambilan citra dengan CT-Scan atau CTSimulator yang kemudian dilakukan perencanaan terapi dengan menggunakan perangkat lunak khusus komputer atau komputerisasi secara inversi. Perencanaan secara inversi dengan memasukkan tujuan yang ingin dicapai

sehingga komputer akan menghitung dosis radiasi PTV dan OAR. Komputer akan menentukan dosis radiasi pada target kanker, organ sehat di sekitar, dan bentuk lapangan. Optimasi perhitungan akan diulangi jika dosis pada PTV atau OAR belum tercapai. Tujuan dari optimasi inversi tercapai jika dosis maksimum pada target dan dosis minimum pada organ sehat.

2.1.3 Treatment Planning System (TPS)

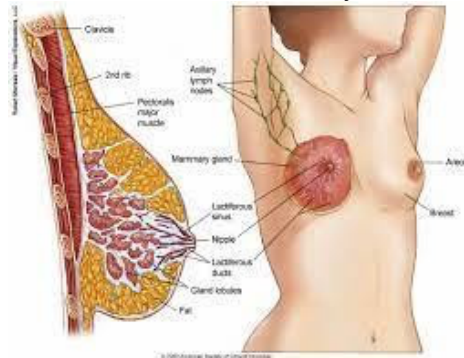
Treatment Planning System (TPS) adalah suatu sistem komputer yang sistematis berperan dalam pembuatan perencanaan terapi radiasi. Perencanaan dilakukan sebelum dilakukan penyinaran pada pasien dengan tujuan agar mengetahui distribusi dosis radiasi yang akan diterima oleh pasien. TPS memiliki tujuan agar distribusi dosis radiasi optimal dan homogen pada volume target serta dosis minimum pada organ sehat. TPS digunakan untuk menentukan energi radiasi, luas lapangan, arah penyinaran dan perhitungan motor unit (MU). Masing-masing pasien yang akan diterapi menjalani perencanaan secara individual (Fardela et al., 2023).

2.2 Kanker Payudara

2.2.1 Definisi Kanker Payudara

Kanker payudara adalah penyakit yang timbul pada organ payudara. Kanker tersebut disebabkan oleh sel-sel yang membelah tanpa kendali. Sel-sel tersebut berupa sel hasil dari mutasi gen dengan perubahan bentuk, ukuran maupun fungsinya (American Cancer Society, 2022). *American Joint Committee on Cancer (AJCC)* mengklasifikasikan kanker payudara kedalam variabel TNM. Variabel TNM merupakan singkatan dari tumor (T) yang menggambarkan ukuran dan lokasi tumor di dalam payudara. Nodus (N) menggambarkan apakah sel kanker telah menyebar ke kelenjar getah bening di dekat payudara. Metastasis (M) menggambarkan apakah sel kanker telah menyebar ke organ tubuh lainnya. Sistem penilaian TNM ini membantu dokter dalam membuat perencanaan pengobatan yang tepat berdasarkan stadium dan perkembangan penyakit pasien (Fardela et al., 2023).

Gambar 2 Ilustrasi Kanker Payudara



Kanker payudara disebut juga *carcinoma mammae* adalah suatu jenis kanker yang dapat menyerang siapa saja baik kaum wanita maupun pria. Kanker payudara ini tumbuh dalam kelenjar susu, jaringan lemak, maupun pada jaringan ikat payudara. Hingga kini kanker payudara masih menjadi hal yang menakutkan terutama pada kaum wanita, karena kanker payudara ini diidentikkan dengan sebuah keganasan yang dapat berakibat pada kematian. Tingkat bahaya keganasan dan kanker pada payudara sama saja. Hanya saja, jumlah penderita kanker payudara lebih banyak (sekitar 90%) dibandingkan dengan penderita keganasan pada payudara (Roland et al., 2022).

2.2.2 Epidemiology Kanker Payudara

Kanker masih menjadi masalah kesehatan bagi masyarakat, baik di Indonesia maupun di negara lain karena tingginya angka kematian akibat kanker. Kanker payudara adalah penyebab utama kematian akibat kanker pada wanita di seluruh dunia, dan kanker payudara triplenegative (TNBC) menyumbang sekitar 15% hingga 20% dari semua kasus baru. Kanker disebut sebagai penyebab kedua kematian dikarenakan lebih dari 500.000 kematian di Amerika Serikat per tahun disebabkan oleh kanker setelah penyakit jantung. Di Indonesia diperkirakan setiap tahun terdapat 100 penderita kanker baru dari 100.000 penduduk.

Kanker hingga saat ini menjadi masalah kesehatan di dunia termasuk Indonesia. Pada umumnya kanker payudara menyerang kaum wanita, dan dapat menyerang pria namun dengan kemungkinan yang sangat kecil yaitu 1:1000. Kanker payudara baru didiagnosis pada sekitar 252.710 orang di Amerika Serikat pada tahun 2017 dan tetap menjadi salah satu jenis kanker yang paling umum didiagnosis. Sebagian besar kanker payudara pada wanita pascamenopause sensitif terhadap hormon dan biasanya dari fenotip positif reseptor estrogen. Insiden kanker payudara standar usia di Amerika Serikat diperkirakan 92,9 per 100.000 orang. Kanker payudara metastatik (mBC) tidak dapat disembuhkan dengan terapi saat ini dan diperkirakan memiliki tingkat kelangsungan hidup 5 tahun sebesar 27%.

Berdasarkan Database World Health Organisasi (WHO) dan Eurostat bahwa Kematian akibat kanker payudara di USA yang diderita wanita pada tahun 2019 sebanyak 92.800. Data WHO memperlihatkan bahwa pada tahun 2018, total penderita kanker payudara dibandingkan kanker lainnya di Asia sebanyak 270.401 (13.5%), di Afrika sebanyak 168.690 (16%), dan di Eropa sebanyak 522 513 (12.4%). Sedangkan jumlah penderita kanker payudara pada wanita dibanding kanker lainnya yang sering diderita oleh wanita di Asia sebanyak 270.401 (26.4%), di Afrika sebanyak 168 690 (27.7%), dan di Eropa sebanyak 522 513 (26.4%)(Liambo et al., 2022).

2.2.3 Patofisiologi Kanker Payudara

Kanker disebabkan oleh senyawa karsinogenik. Benzo(a)pyrene adalah salah satu senyawa prekarsinogenik yang dikonversi menjadi karsinogen aktif oleh sitokrom P450. Karsinogen aktif sangat reaktif dan mudah menyerang kelompok nukleofilik dalam DNA, RNA, dan protein, yang menyebabkan mutasi. Gen P53 mengkode protein p53 yang berfungsi sebagai protein penekan tumor. Karsinogenesis dimulai dengan kerusakan atau mutasi gen p53. Gen p53 bermutasi mensintesis protein p53 mutan. Pada pasien kanker, protein p53 mutan terakumulasi dalam jaringan tumor dan serum darah. Protein p53 mutan dalam serum pasien tumor meningkat dengan tingkat bahaya penyakit, sehingga dapat digunakan sebagai biomarker awal tumor.

Fase awal kanker payudara adalah asimtomatik (tanpa ada gejala dan tanda). Adanya benjolan atau penebalan pada payudara merupakan tanda dan gejala yang paling umum, sedangkan tanda dan gejala tingkat lanjut kanker payudara meliputi kulit cekung, retraksi atau deviasi puting susu dan nyeri, nyeri tekan atau rabas khususnya berdarah dari puting. Kulit tebal dengan pori-pori menonjol sama dengan kulit jeruk dan atau ulserasi pada payudara merupakan tanda lanjut dari penyakit. Jika ada keterlibatan nodul, mungkin menjadi keras, pembesaran nodul limfa aksilaris membesar dan atau nodus supraklavikula teraba pada daerah leher. Metastasis yang luas meliputi gejala dan tanda seperti anoreksia atau berat badan menurun; nyeri pada bahu, pinggang, punggung bagian bawah atau pelvis; batu menetap; gangguan pencernaan; pusing; penglihatan kabur dan sakit kepala. Proses terjadinya metastasis karsinoma belum dapat ditentukan secara pasti, namun para ahli membuktikan bahwa ukuran tumor berkaitan dengan kejadian metastatis, yaitu semakin kecil tumor maka semakin kecil juga kejadian metastatisnya. Apabila penyakit kanker payudara dapat dideteksi lebih awal, maka pengobatan akan lebih mudah dilakukan, biaya pengobatan yang dikeluarkan lebih murah serta peluang untuk sembuh lebih besar dibandingkan kanker payudara yang ditemukan pada stadium lanjut.(Liambo et al., 2022).

2.2.4 Faktor Risiko Penyakit Kanker Payudara

Ada banyak faktor risiko yang dapat memungkinkan peningkatan pertumbuhan kanker payudara seperti seks, penuaan (usia), hormone estrogen, riwayat keluarga (genetik), mutasi gen, gaya hidup tidak sehat, riwayat terkena kanker payudara, struktur sel payudara, radiasi thoraks, dan jumlah siklus menstruasi. Adanya kerusakan genetik juga merupakan faktor penyebab kanker payudara baik itu secara internal, seperti hormon atau metabolisme nutrisi dalam sel, maupun faktor eksternal, seperti menggunakan tembakau (rokok), terpapar bahan kimia, dan paparan sinar matahari yang berlebihan (Liambo et al., 2022).

2.3 Teknik Penyinaran Kanker Payudara Dengan Teknik IMRT (*Intensity Modulated Radiation Therapy*)

Penyinaran kasus kanker payudara dengan teknik IMRT di mulai dengan membuat planning penyinaran dengan CT Simulator yang bertujuan untuk mengetahui area mana yang akan disinari, kemudian data CT planning tersebut akan dikirim ke TPS guna dibuatkan planning penyinaran oleh fisikawan medis dan menentukan target apa yang akan di sinar dan menentukan *organ at risk*. Setelah selesai lalu data dikirim ke pesawat linac guna *set up* pasien. Ketika pasien akan dilakukan penyinaran siapkan dahulu alat bantu seperti bantal pasien, tongkat pegangan, pengganjal tangan dan masker mammae sesuai nama pasien.

Penyinaran kanker payudara dengan teknik IMRT dilakukan untuk target atau kanker yang disinari akurat dengan menggunakan masker guna meminimalisir pergerakan pada tubuh pasien. Pemeriksaan *knee joint* ini memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat memberikan dosis yang maksimal ke target dan seminimal mungkin si organ sehat karena menggunakan teknik IMRT yang di design memberikan intensitas berkas radiasi yang kecil guna mematikan kanker. Penggunaan masker juga sangat berpengaruh terhadap jalannya penyinaran dengan teknik IMRT. Dapat memberikan rasa nyaman pada pasien yang sedang melakukan penyinaran (Agustini et al., 2021)

2.4 Komponen Darah

Terapi radiasi merupakan pilihan utama pengobatan kanker. Namun, efek samping dari terapi radiasi, seperti penurunan jumlah sel darah putih (leukosit) dan sel darah merah (eritrosit), dapat mempengaruhi kualitas hidup pasien (Bentzen dkk., 2019). Sel leukosit yang didalamnya terdapat sel limfosit yang berfungsi sebagai pertahanan, apabila berkurang pertahanan tubuh terhadap penyakit menjadi lemah (Astina et al., 2023). Peningkatan leukosit berperan memfagositosis dalam proses inflamasi dan dapat menyebabkan mutasi sel kanker pada daerah sekitar.

Pemeriksaan Hemoglobin, leukosit dan *PLR (Platelet limfosit Ratio)* merupakan pemeriksaan yang penting. Hemoglobin (Hb) adalah komponen

inflamasi yang berfungsi sebagai alat transportasi oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂). Masalah transportasi tersebut akan menyebabkan sel menjadi hipoksia sehingga berakibat buruk pada sensitivitas sel. Penurunan Hb dapat menyebabkan oksigenasi tumor menurun sehingga menyebabkan hipoksia sel tumor sehingga menjadi kompensasi hemoglobin untuk terjadi penurunan (anemia). Leukosit merupakan pemeriksaan inflamasi yang berperan dalam transportasi darah ke organ dan jaringan. Peningkatan leukosit berperan memfagositosis dalam proses inflamasi dan dapat menyebabkan mutasi sel kanker pada daerah sekitar. PLR merupakan ratio perbandingan trombosit dan limfosit dimana peningkatan trombosit berperan dalam proses angiogenesis dan metastase dari kanker. Limfosit terdiri dari limfosit T dan limfosit B yang berperan dalam proses sistem imun tubuh dalam proses inflamasi. Hasil pemeriksaan laboratorium merupakan informasi yang penunjang untuk membedakan diagnosis, mengkonfirmasi diagnosis, menilai status klinik pasien, mengevaluasi efektivitas terapi dan munculnya reaksi obat yang tidak diinginkan pada pasien kanker (Sabaruddin & Ferry, 2018).

2.5 Variabel Dependen

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah perubahan leukosit, hemoglobin, dan trombosit pada pasien kanker payudara yang telah menjalani radioterapi.

2.6 Variabel Independen

Variabel independen dalam penelitian ini adalah radioterapi.

2.7 Hubungan Antara Variabel Dependen dengan Variabel Independen

Radioterapi dapat memengaruhi sumsum tulang, yang merupakan tempat di mana sel darah diproduksi. Paparan radiasi dapat merusak sel-sel pembentuk darah di sumsum tulang, termasuk sel-sel induk yang kemudian berkembang menjadi leukosit, trombosit, dan sel darah merah. Gangguan pada produksi sel-sel darah ini dapat menyebabkan perubahan dalam jumlah dan fungsi komponen darah.

