

Perbandingan CT simulator kontras dan non-kontras pada treatment planning radioterapi kanker cervix dan head & neck menggunakan Linac

Widya Rachma Wulan¹, Arum Sinda Santika^{1*}, Sayid Mubarak², Ghifari Muhammd²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Jawa Timur, Indonesia, 60294

²Instalasi Cancer Center Radioterapi, Rumah Sakit Fatmawati
Jakarta Selatan, Indonesia, 12430

*email: arum.sinda.ft@upnjatim.ac.id.

Abstrak – Radioterapi terkini membutuhkan perencanaan dosis yang tepat dengan menggunakan Treatment Planning System (TPS) untuk menciptakan distribusi dosis yang ideal pada target tumor serta mengurangi paparan pada Organ At Risk (OAR). Peran Simulator CT (CT Sim) sangat krusial dalam tahapan delineasi target, akan tetapi pemakaian agen kontras dapat memengaruhi nilai Hounsfield Unit (HU) dan densitas elektron yang bisa berdampak pada perhitungan dosis. Penelitian ini bertujuan untuk menilai perbandingan hasil perencanaan dosis radioterapi antara CT Sim dengan kontras dan tanpa kontras dalam kasus kanker serviks serta kepala dan leher menggunakan TPS Monaco. Penelitian ini dilakukan secara retrospektif dengan mengevaluasi distribusi dosis maksimum, cakupan Planning Target Volume (PTV), dan dosis OAR. Temuan penelitian menunjukkan rata-rata deviasi dosis di kasus serviks sebesar 0,45% dan untuk kepala dan leher sebesar 0,78%. Perbedaan ini tidak menunjukkan signifikansi statistik mengenai dosis maksimum, cakupan PTV, maupun dosis OAR. Namun, pemakaian kontras memberikan gambaran anatomi yang lebih tajam sehingga mendukung delineasi target serta organ di sekitarnya dengan lebih tepat. Dengan demikian, penggunaan agen kontras lebih memberikan dampak terhadap peningkatan kualitas visualisasi anatomi ketimbang perubahan pada distribusi dosis radioterapi.

Kata Kunci: CT Simulator, Head & Neck, Kanker Cervix, Organ At Risk, Treatment Planning System.

Abstract – Modern radiotherapy requires accurate dose planning using a Treatment Planning System (TPS) to achieve optimal dose distribution to the tumor target while minimizing exposure to Organs at Risk (OAR). CT Simulator (CT Sim) plays an important role in target delineation; however, the use of contrast agents may affect Hounsfield Unit (HU) values and electron density, potentially influencing dose calculation. This study aimed to analyze the comparison of radiotherapy dose planning results between contrast-enhanced and non-contrast CT Sim in cervical cancer and Head & Neck cases using the Monaco TPS. This retrospective study evaluated maximum dose distribution, Planning Target Volume (PTV) coverage, and OAR dose. The results showed an average dose deviation of 0.45% in cervical cancer cases and 0.78% in Head & Neck cases. These differences were not statistically significant for maximum dose, PTV coverage, or OAR dose. However, the use of contrast agents provided clearer anatomical visualization, which improved target and surrounding organ delineation accuracy. Therefore, contrast agents had a greater impact on anatomical visualization quality than on radiotherapy dose distribution changes.

Key words: Cancer Cervix, CT Simulator, Head & Neck, Organ At Risk, Treatment Planning System.

PENDAHULUAN

Radioterapi adalah salah satu jenis terapi pengobatan untuk penyakit tumor dan kanker, pengobatan kanker dilakukan dengan menggunakan radiasi [1]. Keberhasilan radioterapi yang canggih sangat bergantung pada akurasi dalam merencanakan terapi menggunakan *Treatment Planning System* (TPS). Dalam praktik klinis yang ada saat ini, TPS berfungsi untuk menciptakan distribusi dosis radiasi yang paling efektif untuk sasaran

tumor, sekaligus mengurangi paparan dosis ke jaringan sehat atau *Organ At Risk* (OAR). Perencanaan radioterapi yang optimal harus memberikan cakupan dosis yang merata pada *Planning Target Volume* (PTV), mempertahankan nilai dosis maksimum dalam batas toleransi yang ditetapkan, serta memastikan dosis pada OAR tetap di bawah batas klinis yang disarankan [2]. dalam menilai perencanaan dosis, indikator seperti *Dose Volume Histogram* (DVH), *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) dimanfaatkan

untuk mengevaluasi kualitas distribusi dosis yang dihasilkan oleh TPS [3].

Berbagai teknik terapi radiasi, seperti *3D Conformal Radiation Therapy (3D-CRT)*, *Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT)*, *Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT)*, memungkinkan pemberian dosis radiasi yang lebih tepat dan efektif [4]. Namun, keberhasilan dalam optimasi dosis tidak hanya ditentukan oleh metode penyinaran yang diterapkan, tetapi juga oleh kualitas pencitraan yang digunakan selama proses simulasi. Dalam proses radioterapi CT Simulator (CT Sim) memainkan peran penting karena menjadi dasar untuk menggambar batas target tumor, menentukan OAR, serta berfungsi sebagai input utama dalam perhitungan dosis pada TPS [5]. Ketepatan dalam menggambar anatomi sangat mempengaruhi kualitas distribusi dosis yang tercipta. Kesalahan dalam menentukan batas tumor dapat mengakibatkan dosis yang kurang pada sasaran atau dosis berlebih pada jaringan sehat di sekitarnya.

Penggunaan CT Sim dalam perencanaan untuk radioterapi memiliki tujuan menciptakan gambaran anatomi yang tepat agar distribusi dosis dapat diberikan dengan efisien pada area terapi. Salah satu cara yang diterapkan untuk meningkatkan kualitas tampilan anatomi adalah dengan menggunakan kontras. CT Sim yang menggunakan kontras dapat memperjelas batas jaringan lunak, pembuluh darah, dan struktur anatomi tertentu, sehingga penentuan target volume bisa dilakukan dengan lebih tepat dibandingkan dengan CT Sim tanpa kontras [6]. Penerapan kontras sangat berguna terutama pada kanker *cervix* dan *Head & Neck* yang memiliki kompleksitas anatomi yang tinggi dan berdekatan dengan organ-organ vital lainnya.

Di sisi lain, penggunaan kontras juga dapat berpotensi mengubah nilai *Hounsfield Unit* (HU) dalam gambar CT yang dipakai sebagai dasar perhitungan dosis dalam TPS. Perubahan dalam nilai HU bisa memengaruhi proses konversi densitas elektron, sehingga ada risiko tentang bagaimana hal itu bisa berdampak pada keakuratan distribusi dosis radioterapi. Sebaliknya, CT Sim tanpa kontras masih banyak diterapkan dalam praktik klinis karena prosesnya lebih sederhana, lebih cepat, dan menghindari risiko reaksi alergi akibat penggunaan bahan kontras. Namun, kekurangan dalam visualisasi jaringan lunak pada CT tanpa kontras dapat menyebabkan penentuan target menjadi kurang optimal dalam beberapa kasus

tertentu. Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi tentang sejauh mana penggunaan kontras benar-benar memberikan dampak terhadap hasil perencanaan dosis radioterapi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perbedaan dalam penggunaan CT Sim dengan kontras dan tanpa kontras dapat mengakibatkan variasi dalam pemetaan sasaran serta OAR, yang pada kemudia berdampak pada distribusi dosis dalam TPS. Dalam praktik radioterapi, akurasi distribusi dosis menjadi faktor utama untuk memastikan bahwa target memperoleh dosis terapi secara maksimal tanpa meningkatkan risiko kerusakan pada jaringan sehat di sekelilingnya [3]. Selain itu, penentuan margin yang tepat untuk *Planning Target Volume* (PTV) juga sangat vital untuk meminimalkan kesalahan geometris dan mempertahankan konsistensi distribusi dosis sepanjang sesi terapi [7].

Studi sebelumnya lebih menekankan pada peningkatan kualitas visualisasi anatomi berkat penggunaan kontras, sedangkan analisis mengenai dampaknya terhadap hasil perencanaan dosis radioterapi masih menunjukkan variasi yang signifikan. Beberapa penelitian menginformasikan adanya perubahan dalam pemetaan sasaran dan OAR yang dapat berpengaruh pada distribusi dosis, sedangkan penelitian lain menunjukkan bahwa sistem TPS mutakhir mampu menyesuaikan dengan perubahan kepadatan akibat agen kontras, sehingga perbedaan dosis yang terukur tidak memiliki signifikansi klinis. Keadaan ini menandakan bahwa pemakaian CT Sim dengan kontras masih memerlukan penyelidikan lebih lanjut, terutama mengenai efektivitasnya dalam mengoptimalkan perencanaan radioterapi.

Berdasarkan kondisi ini, penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis perbandingan hasil perencanaan dosis radioterapi antara CT Simulator dengan kontras dan tanpa kontras melalui TPS Monaco dalam kasus kanker *cervix* dan *Head & Neck*. Analisis dilakukan pada parameter distribusi dosis di PTV dan OAR untuk mengetahui apakah penggunaan agen kontras memberikan dampak signifikan terhadap hasil perencanaan radioterapi. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat menjadi acuan klinis dalam mempertimbangkan penggunaan CT Sim kontras serta non-kontras untuk mendukung optimasi terapi radiasi yang lebih akurat, aman, dan efisien

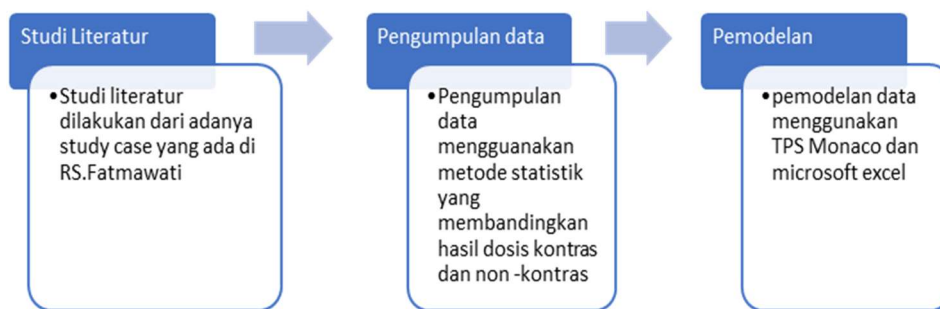
METODE PENELITIAN

Pemindaian CT Simulator dilakukan pada pasien kanker cervix dan Head & Neck (H&N) menggunakan CT kontras dan CT non-kontras sebagai dasar perencanaan radioterapi pada TPS Monaco. Pada kasus cervix, penggunaan media kontras bertujuan untuk memperjelas batas jaringan lunak di area pelvis, terutama delineasi target volume serta organ di sekitar seperti bladder dan rektum. Sedangkan pada kasus Head & Neck, CT kontras digunakan untuk meningkatkan visualisasi jaringan lunak, pembuluh darah, serta batas tumor yang berdekatan dengan organ penting seperti brainstem dan medula spinalis.

Meskipun prosedur CT Sim pada kedua kasus menggunakan prinsip yang sama, yaitu menghasilkan citra anatomi untuk proses delineasi target dan OAR, terdapat perbedaan

pada area anatomi, tujuan visualisasi, serta struktur organ yang dievaluasi. CT non-kontras tetap digunakan sebagai pembanding karena masih mampu memberikan informasi anatomi dasar yang dibutuhkan dalam proses perencanaan dosis radioterapi.

Data CT Sim kontras dan non-kontras diperoleh secara retrospektif dari sistem radiologi rumah sakit. Selanjutnya, seluruh citra dimasukkan ke dalam Treatment Planning System (TPS) Monaco untuk dilakukan delineasi target, perhitungan distribusi dosis, dan evaluasi parameter dosimetri seperti dosis maksimum, cakupan Planning Target Volume (PTV), dan dosis pada Organ At Risk (OAR). Analisis dilakukan secara statistik untuk membandingkan hasil perencanaan dosis antara CT Sim kontras dan non-kontras pada kasus cervix maupun Head & Neck.



Gambar 1. Alur Proses Metodologi

Berdasarkan study case yang diangkat pendalaman materi dari peneliti terdahulu, maka laporan diperoleh melalui sistem informasi radiologi. Hal tersebut dapat diagnosis akhir sebagaimana dinyatakan dalam rekam medis. Analisis Statistik menggunakan TPS Monaco, sebagai analisis utama, CT non kontras dengan CT kontras. Untuk signifikasi dosis yang diberikan pada analisis penyakit cervix yaitu 25 x 2 Gray atau 5000 Gy, sedangkan pada analisis penyakit H&N yaitu 35 x 2 Gray atau 7000 Gy. Pada dosis tersebut nantinya menghasilkan nilai dosis pada CT kontras serta CT non kontras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis secara menyeluruh perbandingan dosis radiasi yang diterima oleh pasien yang menjalani perencanaan radioterapi dengan menggunakan CT Sim Kontras dengan CT Sim Non-Kontras. Tujuan dari penelitian ini

adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh zat kontras dalam pencitraan CT Simulator pada distribusi dosis radioterapi.

Ketepatan distribusi dosis adalah salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan terapi radiasi. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah ada dampak yang signifikan pada hasil perhitungan dosis, perbedaan antara pencitraan dengan zat kontras dan tanpa kontras perlu dianalisis untuk mengetahui apakah ada dampak yang signifikan terhadap hasil perhitungan dosis. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup dosis maksimum (Max Dose), persentase volume target yang menerima dosis lebih dari 107% dari dosis yang direncanakan ($PTV > 2\%$), serta persentase volume target yang menerima dosis kurang dari 95% dari dosis yang direncanakan ($PTV < 95\%$), dengan batas toleransi deviasi tidak lebih dari 2%, dan dosis yang diterima oleh organ sekitar target terapi,

seperti rektum dan ginjal (organ at risk/OAR) untuk kasus kanker serviks serta dosis pada otak

untuk kasus kanker kepala dan leher.

Tabel 1. Kasus Pasien Non Kontras Pada Cervix

Nama Pasien	Max Dose	Prescribe 107% (PTV < 2 %)	Prescribe 95% (PTV > 95 %)	Rektum	Bladder
Pasien 1	5602,0 cGy	0,16 %	97,14 %	28,49 %	23,55%
Pasien 2	5249,2 cGy	0,00 %	99,4%	25,68%	23,90%
Pasien 3	5286,8 cGy	0,00 %	98,20%	32,55%	11,50%
Pasien 4	5236,2 cGy	0,00 %	98,89 %	13,02 %	7,03 %
Pasien 5	5182,7 cGy	0,00 %	98,96 %	2,43 %	12,48 %

Tabel 2. Kasus pasien Kontras Pada Cervix

Nama Pasien	Max Dose	Prescribe 107% (PTV < 2 %)	Prescribe 95% (PTV > 95 %)	Rektum	Bladder
Pasien 1	5493,4 cGy	0,15 %	97,93 %	24,07 %	31,17 %
Pasien 2	5256,8 cGy	0,00 %	99,38 %	25,68 %	23,90 %
Pasien 3	5249,8 cGy	0,00 %	98,13 %	30,49 %	11,00 %
Pasien 4	5240,7 cGy	0,00 %	6,51 %	13,53 %	6,51 %
Pasien 5	5198,5 cGy	0,00 %	99,03 %	2,04 %	10,33 %

Hasil penelitian Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan zat kontras pada saat merencanakan radioterapi untuk kanker serviks tidak mengubah dosis yang diberikan. Dosis maksimum rata-rata 5311,18 cGy pada pasien tanpa kontras dan 5287,04 cGy pada pasien dengan kontras. Perbedaannya tidak signifikan secara statistik, dengan nilai p-value 0,803 untuk dosis maksimum. Dengan nilai p-value sebesar 0,965, hasil pada kedua kelompok hampir sama dengan persentase volume target yang menerima dosis kurang dari 2%. Kelompok tanpa kontras memiliki rata-rata 96,69% dan kelompok kontras memiliki 96,13%, menurut PTV lebih dari 95%. Perbedaan persentase volume target yang menerima dosis ideal ini tidak cukup besar untuk dianggap signifikan. Kelompok tanpa kontras memiliki dosis rektum 20,97%,

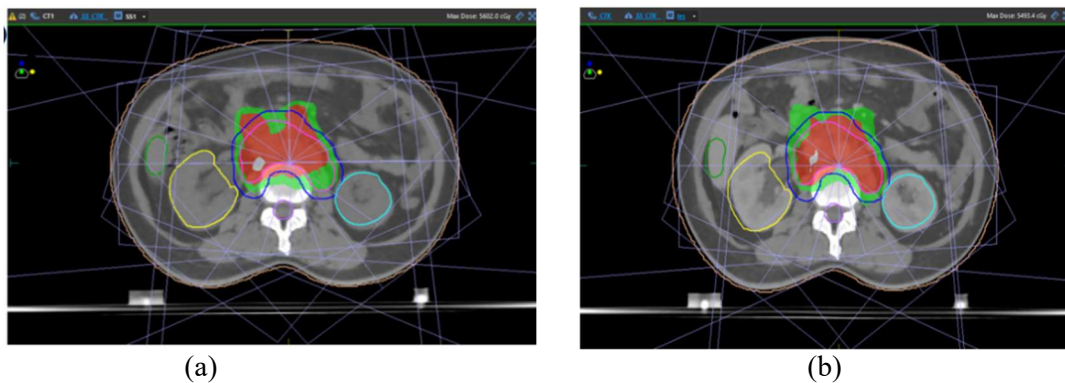
sedangkan kelompok dengan kontras memiliki dosis 19,79%. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan radiasi rektum tidak berbeda secara signifikan juga. Dosis Bladder rata-rata 15.44% pada kelompok tanpa kontras dan 14.97% pada kelompok dengan kontras. Dengan nilai p-value sebesar 0,882, perbedaan ini tidak signifikan. Hasil ini disebabkan oleh kemampuan sistem perencanaan dosis untuk mengkompensasi perubahan dalam pencitraan CT Simulator. Dalam beberapa kasus, zat kontras dapat membantu membedakan tumor, tetapi ini tidak selalu berdampak pada beberapa dosis yang diberikan.

Secara teori, agen kontras berbasis iodin mampu meningkatkan atenuasi sinar-X dan menaikkan nilai HU pada citra CT. Peningkatan nilai HU ini akan memengaruhi proses konversi densitas elektron pada *Treatment Planning*

System (TPS) yang digunakan dalam perhitungan distribusi dosis radioterapi [8]. Penggunaan media kontras pada CT Simulator dapat menyebabkan perubahan perhitungan dosis sekitar 0,5–1,5% pada area pelvis, tergantung konsentrasi kontras, waktu akuisisi citra, dan teknik radioterapi yang digunakan [9]. Peningkatan densitas elektron akibat kontras dapat memengaruhi akurasi kalkulasi dosis terutama pada teknik IMRT dan VMAT yang sensitif terhadap perubahan densitas jaringan [10].

Hal ini menunjukkan bahwa TPS Monaco masih dapat menyesuaikan diri terhadap variasi

densitas elektron yang terjadi karena penggunaan agen kontras dengan cukup efektif, sehingga penyebaran dosis yang dihasilkan tetap berada dalam ambang batas yang dapat diterima secara klinis. Selain itu, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada area PTV maupun dosis yang diterima oleh OAR seperti rektum dan kandung kemih. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan kontras lebih berpengaruh pada peningkatan kualitas visualisasi anatomi dibandingkan dengan perubahan distribusi dosis secara signifikan.



Gambar 2. (A) Cervix Non Kontras, (B) Cervix Kontras

Gambar 2. (A) merupakan hasil CT Sim Non Kontras pada Cervix. Gambar non kontras biasanya memiliki kontras biasanya memiliki kontras alami yang lebih rendah, yang membuat detail anatomi lebih sulit dibedakan terutama batas antara jaringan sehat dan tumor. Namun, dalam beberapa situasi penggunaan non kontras cukup, terutama jika perbedaan densitas jaringan jelas tanpa bantuan.

Pada Gambar 3. (B) merupakan hasil CT Sim Kontras. Batas anatomi dipertegas dengan kontras ini, yang memperjelas delineasi target volume (PTV), dan membedakan *Organ At Risk* (OAR). Keberadaan Kontras dalam tubuh dan distorsi yang dihasilkan jelas dalam perencanaan gambar CT. Walaupun tampak lebih jelas secara visual, perbedaan dosis antara pemindaian kontras dan non kontras tidak signifikan secara statistik, menurut hasil analisis dosis yang dilakukan menggunakan TPS Monaco. Ini menunjukkan bahwa meskipun agen kontras meningkatkan kualitas visualisasi, sistem

perencanaan dosis sudah mampu mengompensasi perbedaan tersebut tanpa memengaruhi hasil akhir dosis.

Akibatnya, temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan zat kontras lebih mempengaruhi aspek visualisasi daripada efektivitas terapi dosis. Meskipun tidak mempengaruhi dosis yang diberikan, kejelasan delineasi tumor dapat membantu memastikan cakupan target volume yang lebih akurat. Faktor lain, seperti margin keselamatan dan toleransi organ sehat, harus dipertimbangkan saat merencanakan terapi radiasi. Jika ada kesulitan untuk menentukan batasan tumor, penggunaan zat kontras tetap dapat dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan klinis. Untuk memberikan dosis yang lebih tepat dalam beberapa kasus, mungkin lebih mudah untuk menghitung margin keselamatan dan menentukan tumor dengan lebih jelas. Hasil ini memberikan wawasan penting bagi praktisi radioterapi dalam menentukan strategi terbaik dalam perencanaan pengobatan kanker serviks.

Tabel 3. Kasus Pasien Non Kontras Pada Head & Neck

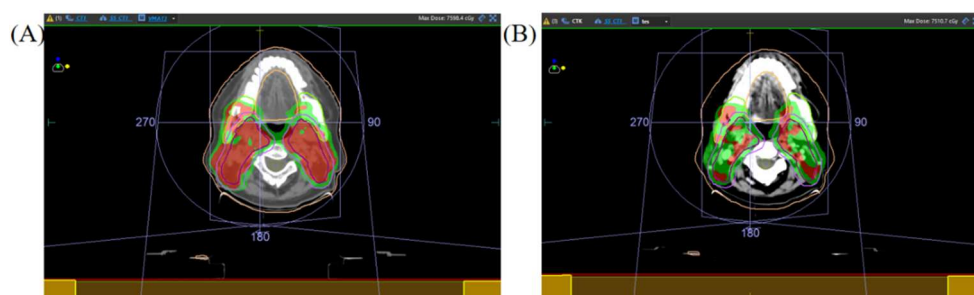
Nama Pasien	Max Dose	PTV < 2 %	PTV > 95 %	Brainstem < 5400 cGy
Pasien 1	7598,4 cGy	0,12 %	95,29 %	4198,1 cGy
Pasien 2	7586,7 cGy	0,00 %	95,74 %	4942,7 cGy
Pasien 3	7684,7 cGy	0,02 %	96,01 %	5323,5 cGy
Pasien 4	7800,5 cGy	0,07 %	94,68 %	5284,0 cGy
Pasien 5	7597,9 cGy	0,00 %	95,98 %	3823,5 cGy

Tabel 4. Kasus pasien Kontras Pada Head & Neck

Nama Pasien	Max Dose	PTV < 2 %	PTV > 95 %	Brainstem < 5400 cGy
Pasien 1	7510,7 cGy	0,00 %	92,77 %	3869,4 cGy
Pasien 2	7488,8 cGy	0,00 %	96,73 %	4898,1 cGy
Pasien 3	7641,1 cGy	0,12 %	94,62 %	5359,2 cGy
Pasien 4	7702,2 cGy	0,04 %	92,97 %	5293,0 cGy
Pasien 5	7628,0 cGy	0,10 %	93,25 %	4186,7 cGy

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 penggunaan zat kontras dalam perencanaan radioterapi untuk kanker kepala dan leher tidak menunjukkan perbedaan dosis yang signifikan. Dosis maksimum rata-rata 7653,84 cGy pada pasien tanpa kontras dan 7594,16 cGy pada pasien dengan kontras. Perbedaan ini tidak memiliki signifikan statistik, dengan nilai p-value sebesar 0.612. Dengan p-value 0.734 peresntase volume terget (PTV) yang menerima dosis kurang dari

2% hampir sama. Kelompok tanpa kontras memiliki rata-rata 95.54 dan kelompok kontras memiliki 94.82% menurut PTV lebih dari 95%. Selain itu, perbedaan presentase volume target yang menerima dosis ideal ini tidak terlalu besar untuk dianggap signifikan. Dalam kelompok tanpa kontras, dosis pada Brainstem adalah 4782.36 cGy, dan dalam kelompok kontra dosisnya adalah 4698.24 cGy.



Gambar 3. (A) Merupakan Gambar *Head & Neck* non-kontras, (B) Merupakan gambar *Head & Neck* kontras

Gambar 3 (A) merupakan hasil CT Sim Non Kontras pada *Head & Neck* yang umumnya digunakan untuk melihat struktur jaringan dengan densitas yang sudah cukup berbeda,

seperti tulang atau jaringan keras lainnya. Namun, untuk jaringan keras lainnya, ditunjukkan di gambar ini. Namun, untuk jaringan lunak di area *Head & Neck* batas

anatomi dan target terapi seringkali tidak jelas tanpa kontras, yang membuatnya lebih sulit untuk membedakan target volume (PTV) dan *Organ At Risk* (OAR).

Gambar 3 (B) merupakan hasil CT Sim Kontras pada *Head & Neck* yang digunakan untuk memperjelas pembuluh darah, jaringan lunak, dan struktur penting lainnya di area *Head & Neck*. Kontras membantu membedakan antara jaringan tumor, otot, dan organ penting seperti otak atau batang otak, sehingga tim perencanaan dapat menggambar kontur target dengan lebih akurat.

Oleh karena itu, keputusan untuk menggunakan zat kontras harus lebih berfokus pada masalah diagnostik daripada meningkatkan dosis. Dalam beberapa kasus, penggunaan kontras tetap dapat membantu mencegah kesalahan delineasi yang dapat mempengaruhi efektivitas terapi. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan zat kontras hanya memberikan perubahan dosis yang relatif kecil terhadap hasil perencanaan radioterapi. Pada kasus *cervix*, deviasi dosis yang diperoleh sekitar 0,45%, sedangkan pada kasus *Head & Neck* sekitar 0,78%. Nilai tersebut masih berada dalam rentang perubahan dosis yang dilaporkan pada beberapa penelitian sebelumnya, yaitu sekitar 0,5–1,5% untuk kasus *cervix* dan 1–3% pada kasus *Head & Neck*. Perbedaan ini terjadi karena agen kontras dapat meningkatkan nilai Hounsfield Unit (HU) dan densitas elektron pada citra CT, sehingga memengaruhi proses kalkulasi dosis pada TPS. Namun, TPS Monaco masih mampu mengompensasi perubahan densitas tersebut dengan baik sehingga pengaruhnya terhadap distribusi dosis akhir tetap relatif kecil dan tidak signifikan secara klinis. Hasil klinis dari data ini adalah bahwa zat kontras dapat digunakan untuk meningkatkan kejelasan gambar jika diperlukan, tetapi tidak perlu optimalisasi dosis. Oleh karena itu, ketika merencanakan radioterapi untuk kanker kepala dan leher dengan penggunaan zat kontras, dokter dan fisikawan medis harus mempertimbangkan baik keuntungan maupun kekurangan penggunaan zat kontras.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa, dalam perencanaan radioterapi untuk kanker serviks dan kepala-leher, penggunaan zat kontras pada simulator CT tidak menghasilkan perubahan yang signifikan secara statistik pada distribusi dosis maksimum, cakupan target volume (PTV),

dan dosis yang diterima organ at risk (OAR). Meskipun demikian, telah terbukti bahwa zat kontras meningkatkan kualitas visualisasi anatomi, memungkinkan delineasi struktur penting dan target dengan lebih akurat. Oleh karena itu, untuk memastikan perencanaan yang tepat tanpa mengurangi efektivitas dosis, pemakaian kontras sebaiknya didasarkan pada kebutuhan klinis, terutama dalam kasus yang memerlukan pemetaan anatomi yang lebih rinci. Diharapkan temuan ini akan membantu praktisi radioterapi menentukan metode terbaik untuk perencanaan pengobatan yang aman dan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan Instalasi Cancer Center Radioterapi RS Fatmawati yang telah memberikan izin serta memberikan pendampingan selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan banyak bantuan hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. A. Sinaga, "Penerapan fisika radiasi dalam ilmu medis pada radioterapi kanker: literature review," vol. 5, no. 1, 2024.
- [2] M. R. Fadila, R. Subroto, I. W. A. Makmur, R. Wirawan, and D. Wijaya, "Analisis Nilai CI dan HI Planning Target Volume (PTV) pada Perencanaan Radioterapi Teknik IMRT untuk Treatment Kanker Nasofaring," 2023.
- [3] Y. E. Daniartie, P. S. Wardani, D. R. P. S. Putri, R. J. Stevenly, and S. Suryaningsih, "Analisis Treatment Planning System dengan Menggunakan Teknik Box dan Teknik Antero Posterior-Postero Anterior pada Kasus Kanker Serviks," *Progress. Phys. J.*, vol. 3, no. 1, p. 118, Jun. 2022, doi: 10.30872/ppj.v3i1.873.
- [4] C. W. Williamson, H. C. Liu, J. Mayadev, and L. K. Mell, "Advances in External Beam Radiation Therapy and Brachytherapy for Cervical Cancer," *Clin. Oncol.*, vol. 33, no. 9, pp. 567–578, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.clon.2021.06.012.
- [5] M. Iffah and R. L. Faraningrum, "teknik terapi radiasi 3dcrT pada kanker endometrium di unit radioterapi rsud abdul

- wahab sjahranie samarinda,” vol. 2, no. 3, 2023.
- [6] M. S. D’Souza and A. B. Sarkar, “Chapter 46 - Radiological Contrast Agents and Radiopharmaceuticals,” *Side Effects of Drugs Annual*, vol. 40,
- [7] S. D. Ray, Ed., in *A Worldwide Yearly Survey of New Data in Adverse Drug Reactions*, vol. 40. , Elsevier, 2018, pp. 579–594. doi:10.1016/bs.seda.2018.07.007.
- [8] S. F. Jannah, S. Dewang, and S. Male, “292-Article Text-563-1-10-20241215 (1).” 2024.
- [9] C. Scherf et al., “Effects of iodinated contrast agent on HU-based dose calculation and dose delivered in iridium-192 high-dose-rate brachytherapy,” *J. Contemp. Brachytherapy*, vol. 14, no. 1, pp. 80–86, 2022, doi:10.5114/jcb.2022.113551.
- [10] A. Nurkamal, N. L. K. Sari, D. Ryangga, and S. Mubarak, “Evaluasi dosis CT Simulator pada Radioterapi Head and Neck dan Pelvis,” *J. Ilm. Giga*, vol. 27, no. 1, pp. 49–60, Jun. 2024, doi: 10.47313/jig.v27i1.3755.
- [11] M. Izmirli *et al.*, “Impact of contrast agents on dose algorithms of planning systems,” *International J. Radiat. Res.*, vol. 14, no. 1, pp. 25–30, Jan. 2016, doi: 10.18869/acadpub.ijrr.14.1.25.
- [12] S. S. Suroshe, P. G. Student & Dharpal S. V., (2022). “Prediction of Air Quality Index Using Regression Models, *GIS SCIENCE JOURNAL*, vol. 9, no. 8, p. 576, 2022