HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

ANALISIS WAKTU AKUISISI TERHADAP CITRA PADA PEMERIKSAAN SIDIK SELURUH TUBUH *POST*-TERAPI I-131 KEDOKTERAN NUKLIR DENGAN KLINIS KANKER TIROID DI RSUP DR. HASAN SADIKIN BANDUNG

Ayu Putu Ima Agustari Dewi[1], I Putu Pande Wahyu Gitawiarsa[2], Ridwan Nuryadin[3]
AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali[1,2] , Instalasi Kedokteran Nuklir RSUP Dr, Hasan Sadikin Bandung[3]
e-mail: wahyupande@atro-bali.ac.id

Diterima: *7/9/2026*; Direvisi: *19/10/2026*; Diterbitkan: *2/11/2026*

ABSTRAK

Parameter pemeriksaan sidik seluruh tubuh (SST) *post-terapi* I-131 seperti kecepatan pemindaian (*scan speed*) disesuaikan dengan laju paparan radiasi pasien untuk mengoptimalkan efisiensi waktu pemeriksaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara laju paparan radiasi pasien, *scan speed*, dan kualitas citra planar *whole body* pada pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung. Penelitian ini merupakan studi kuantitatif analitik retrospektif dengan pendekatan observasional menggunakan data sekunder dari 30 pasien kanker tiroid periode Januari hingga Februari 2026. Kualitas citra dievaluasi secara *visual grading* oleh dokter spesialis kedokteran nuklir menggunakan skala 1–5 terhadap parameter citra, dan data dianalisis menggunakan uji korelasi *Spearman* pada taraf signifikansi $p < 0{,}05$. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan antara *scan speed* dan kualitas citra ($r = -0{,}389; p = 0{,}034$) serta korelasi positif yang signifikan antara laju paparan dan *scan speed* ($r = 0{,}438; p = 0{,}015$). Namun, tidak ditemukan korelasi yang signifikan antara laju paparan pasien dengan kualitas citra yang dihasilkan ($r = -0{,}010; p = 0{,}959$).
Kata Kunci: I-131, kualitas citra, laju paparan, *scan speed*, SST *post-terapi*.

ABSTRACT

Post-therapy whole body scan (WBS) I-131 acquisition parameters such as scan speed are adjusted according to the patient's radiation exposure rate to optimize clinical workflow efficiency. This study aims to determine the correlation between exposure rate, scan speed, and planar whole body image quality during post-therapy WBS I-131 at the Nuclear Medicine Installation of RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung. This quantitative analytical retrospective study with an observational approach utilized secondary protocol data from 30 thyroid cancer patients acquired between January and February 2026. Image quality was visually evaluated by a nuclear medicine specialist using a 1–5 visual grading scale, and the data were analyzed using the Spearman rank correlation test ($p < 0.05$). The results demonstrated a significant negative correlation between scan speed and image quality ($r = -0.389$; $p = 0.034$), alongside a significant positive correlation between exposure rate and scan speed ($r = 0.438$; $p = 0.015$). Conversely, no statistically significant correlation was identified between patient exposure rate and final image quality ($r = -0.010$; $p = 0.959$).
Keywords: *exposure rate, I-131, image quality, post-therapy WBS, scan speed.*

PENDAHULUAN

Konsep teranostik dalam kedokteran nuklir merupakan integrasi antara pencitraan diagnostik dan tindakan terapi dalam satu kesatuan pemberian radiofarmaka menggunakan

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

radionuklida yang sama. Radionuklida Iodin-131 (I-131) hingga saat ini masih menjadi baku emas (*gold standard*) dalam prosedur terapi ablasi dan diagnosis lanjutan pada keganasan kanker tiroid terdiferensiasi (Yordanova et al., 2017). Karakteristik fisik I-131 memancarkan radiasi partikel beta (β^-) berenergi maksimum 606 keV dengan proporsi sekitar 90% untuk efek sitotoksik jaringan, serta emisi radiasi foton gamma sebesar 364 keV dengan proporsi 10% untuk kebutuhan pencitraan sintigrafi (Eka Sriyani et al., 2019; Mada et al., 2020). Melalui mekanisme teranostik ini, lesi jaringan ganas atau sisa kelenjar tiroid (*remnant*) dapat diradiasi secara internal sekaligus divisualisasikan menggunakan kamera gamma maupun *Single Photon Emission Computed Tomography* (SPECT).

Karsinoma tiroid merupakan keganasan sistem endokrin yang paling banyak dijumpai secara global dan umumnya berdiferensiasi baik, meliputi karsinoma papiler, folikuler, serta sel Hürthle (Liu et al., 2022; Spanu et al., 2021). Varian histopatologis lainnya mencakup karsinoma meduler dan anaplastik yang memiliki profil progresivitas klinis berbeda (Forma et al., 2025). Berdasarkan data *Global Cancer Observatory* (GLOBOCAN), kanker tiroid menyumbang sekitar 9,1% dari total insiden kanker dunia dengan kecenderungan insiden lebih tinggi pada populasi wanita dibanding pria. Di Indonesia, data perhimpunan patologi menempatkan kanker tiroid pada peringkat kesembilan kanker terbanyak dan menempati urutan pertama pada sistem endokrin (Arisa Putri et al., 2025). Protokol tata laksana standar bagi pasien kanker tiroid pascatiroidektomi total mencakup terapi radioablasio I-131, supresi hormon tiroid, dan pemantauan berkala (Avram et al., 2022).

Pemeriksaan sidik seluruh tubuh (SST) *post-terapi* atau *therapeutic whole body scintigraphy* (Tx-WBS) merupakan modalitas utama dalam mengevaluasi keberhasilan terapi ablasi iodin radioaktif (Sergieva et al., 2024). Prosedur SST pascaterapi dapat mendeteksi fokus jaringan tiroid residual, memetakan metastasis kelenjar getah bening maupun organ jauh, serta melengkapi penentuan stadium (*staging*) klinis pasien (Liu et al., 2022; Mihailović, 2024). Pemeriksaan ini memanfaatkan detektor eksternal kamera gamma berkontur planar ganda dengan kolimator berenergi tinggi (*high energy collimator*) guna menangkap foton gamma energi 364 keV dari I-131 (Mada et al., 2020). Citra skintigrafi dua dimensi yang dihasilkan merepresentasikan distribusi spasial penyerapan (*uptake*) radioiodin fungsional di seluruh kompartemen anatomis tubuh pasien.

Secara teknis, akuisisi citra SST *post-terapi* I-131 dilakukan setelah pasien dinyatakan aman untuk keluar dari ruang isolasi terapi radiasi (*patient release*). Kriteria pelepasan pasien dari ruang isolasi didasarkan pada tingkat aktivitas residu di dalam tubuh yang tidak melebihi 1.100 MBq atau laju dosis paparan eksternal yang aman bagi lingkungan masyarakat (Mutohar et al., 2017). Dosis terapeutik I-131 yang diberikan kepada pasien kanker tiroid bervariasi luas mulai dari 30 mCi hingga 150 mCi bergantung pada tingkat risiko klinis masing-masing individu (Szumowski et al., 2021). Variasi dosis dan laju eliminasi biologis tubuh pasien menyebabkan laju paparan radiasi yang terukur sebelum pemindaian menunjukkan rentang nilai yang berbeda-beda (Bhatia et al., 2023). Operator radiografer kedokteran nuklir kerap memanfaatkan besaran laju paparan pasien ini sebagai acuan praktis dalam menetapkan kecepatan pemindaian (*scan speed*) selama prosedur pencitraan (Santos et al., 2022).

Pedoman internasional kedokteran nuklir merekomendasikan penggunaan kecepatan pemindaian planar antara 5 hingga 10 cm/menit dengan durasi pemindaian sekitar 20 menit (Spanu et al., 2021; Stokkel & Van Leeuwenhoekziekenhuis, 2016). Namun, beberapa pusat radioterapi menerapkan *scan speed* hingga 15 cm/menit guna mempersingkat waktu tunggu pasien dan meningkatkan utilisasi kamera gamma (Kumar et al., 2024; Liu et al., 2022). Pemilihan kecepatan pemindaian yang terlalu cepat berpotensi menurunkan akumulasi cacahan

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

(*counts*) foton yang terdeteksi, sehingga meningkatkan derau citra (*image noise*) dan mengaburkan batas anatomi (Mada et al., 2020; Uppot, 2018). Penentuan waktu pemindaian yang tepat setelah terapi radioiodin sangat menentukan rasio target terhadap latar belakang (*target-to-background ratio*) dalam mendeteksi metastasis (Liu et al., 2022; Sun et al., 2026). Meskipun regulasi operasional telah ada, bukti empiris mengenai korelasi antara laju paparan sisa, *scan speed*, dan kualitas citra yang dinilai secara visual masih sangat terbatas di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan korelasional antara laju paparan radiasi pasien dan kecepatan pemindaian (*scan speed*) terhadap kualitas citra planar *whole body* pada pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 di RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah objektif mengenai optimasi parameter akuisisi citra di instalasi kedokteran nuklir. Selain itu, temuan ini diharapkan mampu menjadi materi evaluasi teknis bagi radiografer dan fisikawan medik dalam menentukan *scan speed* yang proporsional terhadap laju paparan pasien. Melalui standardisasi parameter tersebut, efisiensi waktu pemeriksaan dapat dicapai tanpa mengorbankan kualitas visual dan akurasi diagnostik citra klinis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif analitik retrospektif dengan pendekatan observasional yang diselenggarakan di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung. Waktu pelaksanaan pengumpulan data sekunder dan analisis citra berlangsung pada bulan Februari 2026 dengan menelaah rekam medis serta protokol pemeriksaan periode Januari hingga Februari 2026. Populasi penelitian adalah seluruh pasien karsinoma tiroid yang menjalani pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 pada periode tersebut. Sampel penelitian berjumlah 30 pasien yang dipilih melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan kelengkapan variabel parameter akuisisi dan ketersediaan berkas citra digital. Kriteria inklusi mencakup pasien pascatiroidektomi total yang telah menerima terapi I-131, memiliki pencatatan laju paparan pra-akuisisi, serta data pemindaian planar *whole body* yang lengkap.

Data parameter teknis yang dihimpun meliputi nilai laju paparan radiasi eksternal pasien dan pengaturan kecepatan pemindaian (*scan speed*). Pengukuran laju paparan radiasi dilakukan sesaat sebelum pasien diposisikan pada meja pemeriksaan menggunakan alat ukur radiasi (*survey meter*) terkalibrasi pada jarak 1 meter dari permukaan tubuh pasien dalam satuan mR/jam. Parameter kecepatan pemindaian (*scan speed*) dicatat langsung dari stasiun kerja konsol kamera gamma dalam satuan cm/menit. Seluruh pasien dipindai menggunakan kamera gamma hibrida berdetektor ganda yang dilengkapi kolimator paralel berenergi tinggi (*high energy general purpose*). Data numerik parameter akuisisi tersebut selanjutnya ditabulasi ke dalam perangkat lunak lembar kerja elektronik (*spreadsheet*) untuk persiapan analisis statistik.

Kualitas citra planar *whole body* dievaluasi secara independen oleh seorang dokter spesialis kedokteran nuklir berpengalaman melalui metode *visual grading analysis*. Penilaian menggunakan instrumen kuesioner terstruktur berskala *Likert* 1–5 (skor 1 = sangat buruk, 2 = buruk, 3 = cukup, 4 = baik, dan 5 = sangat baik) yang mencakup sepuluh parameter mutu visual kedokteran nuklir. Kesepuluh parameter tersebut meliputi: (1) kontras citra secara keseluruhan, (2) resolusi spasial batas kontur anatomi tubuh, (3) tingkat kerapatan derau latar belakang (*background noise*), (4) kejelasan visualisasi penyerapan fisiologis di rongga mulut dan saluran cerna, (5) ketajaman visualisasi penyerapan fisiologis hepar, (6) keseragaman densitas cacahan (*count density*) planar, (7) ketiadaan artefak akibat pergerakan pasien (*motion artifact*), (8) ketiadaan artefak saturasi detektor atau penetrasi septa kolimator, (9) ketegasan kontras

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

pemisahan aktivitas target patologis terhadap latar belakang, serta (10) keterdeteksian dan ketegasan batas tepi lesi patologis.

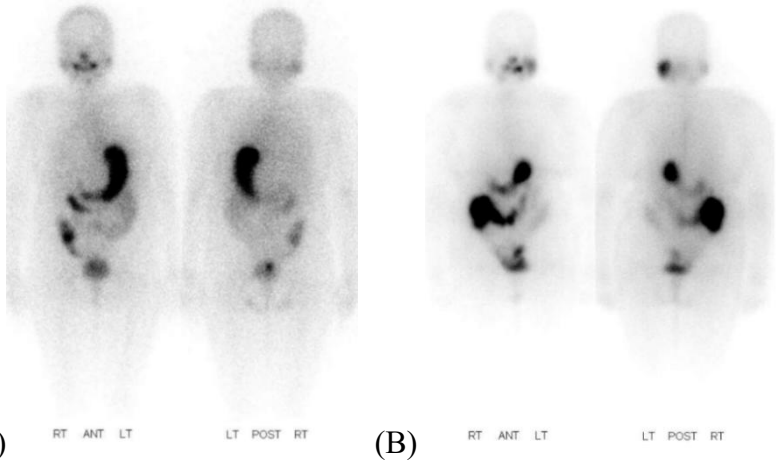
Terkait prosedur analisis data skor, parameter kesepuluh mengenai keterdeteksian lesi dianalisis secara terpisah dari sembilan parameter visual lainnya. Pemisahan metodologis ini dilakukan karena tidak semua pasien pascatiroidektomi menunjukkan adanya lesi patologis residual (*remnant*) atau fokus metastasis fungsional yang aktif menangkap iodin. Oleh karena itu, skor kualitas citra umum dihitung dari akumulasi 9 item pertanyaan (rentang skor 9–45) yang kemudian direkodifikasi (*recode*) ke dalam lima tingkatan mutu: sangat buruk (skor 1–9), buruk (skor 10–18), cukup (skor 19–27), baik (skor 28–36), dan sangat baik (skor 37–45). Parameter keterdeteksian lesi disajikan secara mandiri dalam bentuk analisis frekuensi deskriptif.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS versi 26. Uji normalitas data numerik dianalisis terlebih dahulu menggunakan uji *Shapiro-Wilk* mengingat ukuran sampel penelitian berjumlah kurang dari 50 subjek ($N = 30$). Variabel yang terbukti berdistribusi tidak normal dianalisis menggunakan uji korelasi non-parametrik *Spearman rank* untuk menentukan ada tidaknya hubungan antarvariabel. Derajat korelasi dinyatakan signifikan apabila nilai probabilitas signifikansi berada di bawah taraf $\alpha = 0{,}05$ ($p < 0{,}05$). Seluruh hasil analisis disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel statistik dan representasi visual komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data penelitian diperoleh dari rekam hasil pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 pada 30 pasien kanker tiroid di RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung. Parameter yang dievaluasi mencakup laju paparan radiasi pra-pemeriksaan, variasi *scan speed*, serta citra planar skintigrafi tubuh utuh. Citra planar hasil pemindaian dianalisis secara kualitatif untuk melihat perbedaan kontras anatomi dan tingkat derau pada variasi pengaturan parameter akuisisi. Representasi visual dari hasil pemindaian tubuh utuh dengan variasi laju paparan dan kecepatan gerak detektor ditampilkan pada Gambar 1.



(A) (B)

Gambar 1. (A) Hasil Citra Planar SST *Post-Terapi* I-131 Menggunakan *Scan Speed* 8 cm/menit dengan Laju Paparan 1,10 mR/jam; (B) Hasil Citra Planar Menggunakan *Scan Speed* 10 cm/menit dengan Laju Paparan 4,80 mR/jam

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

Berdasarkan tampilan visual pada Gambar 1, tampak perbedaan tingkat kehalusan citra dan kontras penyerapan radionuklida antar kedua kondisi akuisisi. Pada Gambar 1 (A) dengan kecepatan pemindaian lebih rendah (8 cm/menit), waktu retensi detektor di atas tubuh lebih lama sehingga densitas cacahan yang terakumulasi memadai dan citra terlihat lebih homogen. Sebaliknya, pada Gambar 1 (B) dengan kecepatan pemindaian lebih tinggi (10 cm/menit), citra planar memperlihatkan peningkatan bintik derau statistik (*quantum mottle*) di area latar belakang tubuh. Tampilan visual pada Gambar 1 mengonfirmasi bahwa kecepatan pergerakan meja pasien memengaruhi ketajaman visualisasi batas organ secara langsung.

Analisis statistik deskriptif dilakukan terhadap parameter kuantitatif yang meliputi kecepatan pemindaian (*scan speed*) dan laju paparan radiasi pasien. Nilai minimum, maksimum, rerata, dan standar deviasi dihitung untuk menggambarkan sebaran nilai operasional yang diterapkan di instalasi kedokteran nuklir. Parameter ini mencerminkan variabilitas kondisi radiologis pasien saat memasuki ruang pemeriksaan. Rangkuman nilai statistik deskriptif parameter akuisisi citra disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Karakteristik Parameter Akuisisi Citra pada Pemeriksaan SST Post-Terapi I-131 (N = 30)

Parameter Akuisisi	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rerata (Mean)	Standar Deviasi (Std. Dev.)
***Scan speed* (cm/menit)**	8,00	11,00	9,57	0,679
Laju paparan (mR/jam)	1,10	5,00	2,81	0,983

Sumber: Data Primer Penelitian Instalasi Kedokteran Nuklir (2026)

Berdasarkan Tabel 1, rerata *scan speed* yang digunakan pada pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 adalah 9,57 ± 0,679 cm/menit dengan rentang antara 8 hingga 11 cm/menit. Nilai laju paparan radiasi pasien pada jarak 1 meter memiliki rerata sebesar 2,81 ± 0,983 mR/jam dengan rentang sebaran dari 1,10 hingga 5,00 mR/jam. Variasi laju paparan ini menunjukkan perbedaan laju klirens eliminasi radioiodin pada masing-masing pasien pascaterapi rawat inap. Informasi pada Tabel 1 mengonfirmasi bahwa pengaturan *scan speed* di lapangan cenderung disesuaikan dalam rentang kecepatan moderat untuk menyeimbangkan durasi pemeriksaan.

Penilaian kualitas citra secara umum dievaluasi berdasarkan sembilan parameter visual terstandar dengan rentang skor akumulasi 9 hingga 45. Kategori kualitas citra dikelompokkan ke dalam skala ordinal untuk melihat proporsi citra yang memenuhi standar diagnostik kedokteran nuklir. Hasil evaluasi visual oleh dokter spesialis kedokteran nuklir ditabulasi guna memetakan mutu citra klinis. Distribusi frekuensi kategori kualitas citra disajikan secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Kategori Kualitas Citra Berdasarkan Rekodifikasi Total Skor 9 Item Penilaian (N = 30)

Kategori Kualitas Citra	Rentang Skor Akumulasi	Frekuensi (N)	Persentase (%)
Sangat Buruk	1–9	0	0,0
Buruk	10–18	2	6,7
Cukup	19–27	0	0,0
Baik	28–36	2	6,7
Sangat Baik	37–45	26	86,6
Total	-	**30**	**100,0**

Sumber: Data Primer Penilaian Visual Grading (2026)

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

Berdasarkan data pada Tabel 2, mayoritas hasil citra SST *post-terapi* I-131 berada pada kategori sangat baik, yaitu sebanyak 26 pasien (86,6%). Kategori kualitas citra baik tercatat sebanyak 2 pasien (6,7%) dan kategori buruk sebanyak 2 pasien (6,7%), sedangkan kategori sangat buruk dan cukup tidak ditemukan pada sampel penelitian. Temuan ini menunjukkan bahwa secara umum protokol pencitraan yang diterapkan di RSUP Dr. Hasan Sadikin mampu menghasilkan kualitas citra diagnostik yang optimal. Data pada Tabel 2 membuktikan bahwa sebagian besar citra planar yang dihasilkan memenuhi kriteria kelayakan interpretasi klinis.

Parameter visual kesepuluh mengenai keterdeteksian lesi patologis dianalisis secara terpisah untuk mengamati ketajaman visualisasi fokus serapan abnormal. Evaluasi keterdeteksian lesi ini mencakup penyerapan patologis di area leher (*thyroid bed*), kelenjar getah bening, maupun metastasis jauh di paru atau tulang. Penilaian dikelompokkan ke dalam kategori ordinal serta menyertakan status tidak dapat dinilai (*not applicable*) bagi pasien tanpa lesi. Rincian distribusi kualitas keterdeteksian lesi patologis dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Kategori Kualitas Citra Berdasarkan Keterdeteksian Lesi Patologis (N = 30)

Kategori Keterdeteksian Lesi	Frekuensi (N)	Persentase (%)
Tidak Dapat Dinilai (*N/A*)	12	40,0
Kurang Jelas	1	3,3
Cukup Jelas	2	6,7
Jelas	1	3,3
Sangat Jelas	14	46,7
Total	**30**	**100,0**

Sumber: Data Primer Penilaian Keterdeteksian Lesi (2026)

Merujuk pada paparan Tabel 3, sebanyak 18 pasien (60,0%) memiliki lesi patologis yang dapat dievaluasi pada citra planar, sedangkan 12 pasien (40,0%) tidak menunjukkan adanya fokus serapan lesi (*N/A*). Pada kelompok pasien yang memiliki lesi terdeteksi, sebagian besar berada pada kategori sangat jelas, yaitu sebanyak 14 pasien (46,7%). Kategori cukup jelas ditemukan pada 2 pasien (6,7%), sedangkan kategori kurang jelas dan jelas masing-masing berjumlah 1 pasien (3,3%). Data Tabel 3 mengonfirmasi bahwa sebagian besar lesi patologis yang menangkap radioiodin dapat tervisualisasikan dengan ketajaman tepi yang sangat memadai.

Uji normalitas data dilakukan sebelum uji korelasi bivariat guna menentukan metode statistik inferensial yang tepat bagi variabel numerik. Pengujian menggunakan uji *Shapiro-Wilk* yang sesuai untuk ukuran sampel 30 pasien. Uji normalitas diterapkan pada data laju paparan radiasi dan data kecepatan pemindaian (*scan speed*). Nilai statistik uji, derajat kebebasan, dan nilai signifikansi normalitas dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas pada Parameter Akuisisi Citra Pemeriksaan SST Post-Terapi I-131 (N = 30)

Parameter Akuisisi	Statistik Shapiro-Wilk	Derajat Kebebasan (df)	Nilai Signifikansi (p-value)	Keterangan Distribusi
Laju Paparan	0,946	30	0,128	Normal ($p > 0,05$)
Scan Speed	0,791	30	0,000	Tidak Normal ($p < 0,05$)

Sumber: Hasil Uji Normalitas SPSS (2026)

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4, data laju paparan radiasi menunjukkan distribusi normal dengan nilai probabilitas signifikansi $p = 0{,}128$ ($p > 0{,}05$). Sebaliknya, data variabel *scan speed* terbukti berdistribusi tidak normal dengan nilai signifikansi sebesar $p = 0{,}000$ ($p < 0{,}05$). Adanya variabel yang tidak memenuhi asumsi normalitas ini mendasari keputusan penggunaan uji non-parametrik korelasi *Spearman rank*. Hasil uji pada Tabel 4 menetapkan bahwa pengujian hipotesis hubungan antarvariabel harus dilakukan menggunakan pendekatan peringkat statistik *Spearman*.

Pengujian korelasi bivariat *Spearman* dilakukan untuk menganalisis hubungan timbal balik antara laju paparan, *scan speed*, dan skor kualitas citra. Nilai koefisien korelasi (r) dan nilai signifikansi (p) dihitung untuk menilai kekuatan dan arah asosiasi. Analisis ini menjawab hipotesis utama mengenai faktor akuisisi yang memengaruhi kualitas citra skintigrafi. Hasil pengujian korelasi *Spearman* antarvariabel penelitian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Korelasi Spearman Antarvariabel Penelitian (N = 30)

Pasangan Hubungan Variabel	Koefisien Korelasi (r)	Nilai Signifikansi (p-value)	Kesimpulan Statistik
Laju Paparan – Kualitas Citra	-0,010	0,959	Tidak Signifikan ($p > 0{,}05$)
***Scan Speed* – Kualitas Citra**	-0,389	0,034	Signifikan Negatif ($p < 0{,}05$)
Laju Paparan – *Scan Speed*	0,438	0,015	Signifikan Positif ($p < 0{,}05$)

Sumber: Hasil Analisis Korelasi Spearman SPSS (2026)

Berdasarkan hasil uji korelasi pada Tabel 5, ditemukan korelasi negatif yang signifikan antara *scan speed* dan kualitas citra ($r = -0{,}389; p = 0{,}034$). Nilai negatif ini bermakna bahwa peningkatan kecepatan pemindaian cenderung diikuti oleh penurunan kualitas visual citra skintigrafi. Selain itu, terdapat korelasi positif yang signifikan antara laju paparan pasien dan *scan speed* ($r = 0{,}438; p = 0{,}015$), yang mengindikasikan bahwa pasien dengan laju paparan lebih tinggi cenderung dipindai dengan kecepatan lebih cepat. Namun, pengujian pada Tabel 5 menunjukkan tidak ada korelasi langsung yang signifikan antara laju paparan dengan kualitas citra ($r = -0{,}010; p = 0{,}959$).

Pembahasan

Korelasi negatif yang signifikan antara *scan speed* dan kualitas citra ($r = -0{,}389; p = 0{,}034$) mengindikasikan bahwa peningkatan kecepatan pemindaian detektor berdampak langsung pada degradasi mutu visual citra planar. Ketika kamera gamma digerakkan pada kecepatan yang lebih tinggi, interval waktu pencacahan foton per unit area tubuh menjadi lebih singkat. Keterbatasan waktu akuisisi ini mereduksi akumulasi jumlah cacahan (*counts*) yang diterima kristal sintilasi detektor (Bailey et al., 2014). Penurunan densitas cacahan secara matematis memicu lonjakan derau statistik Poisson (*quantum mottle*), sehingga batas tepi organ mengalami penurunan ketajaman (Mada et al., 2020; Uppot, 2018).

Sebaliknya, pengaturan *scan speed* yang lebih lambat memberikan durasi akuisisi yang memadai bagi kristal detektor untuk menghimpun emisi foton 364 keV dari I-131 secara optimal. Jumlah cacahan total yang tinggi memperbaiki rasio sinyal terhadap derau (*signal-to-noise ratio* / SNR), sehingga citra tampak lebih halus dan kontras struktur anatomi meningkat (Cherry et al., 2012). Temuan ini sejalan dengan panduan teknis yang menyarankan batas kecepatan pemindaian antara 5–10 cm/menit untuk menjaga reliabilitas visualisasi planar seluruh tubuh (Spanu et al., 2021; Stokkel & Van Leeuwenhoekziekenhuis, 2016). Kecepatan

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
Vol. 6, No. 1, November-Januari 2027
e-ISSN : 2827-8070 | p-ISSN : 2827-8240
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/healthy

pemindaian yang melebihi ambang batas moderat terbukti mengorbankan kualitas citra diagnostik demi mengejar efisiensi waktu pemeriksaan.

Korelasi positif yang signifikan antara laju paparan radiasi dan *scan speed* ($r = 0{,}438; p = 0{,}015$) mencerminkan praktik penyesuaian operasional yang diterapkan oleh radiografer di instalasi kedokteran nuklir. Pasien dengan laju paparan sisa yang lebih tinggi diartikan memiliki retensi radioaktivitas tubuh yang relatif besar, sehingga diasumsikan mampu memancarkan fluks foton yang mencukupi meski dipindai secara cepat (Santos et al., 2022). Penyesuaian ini bertujuan mengefisiensikan waktu antrean pemindaian pasien di rumah sakit rujukan dengan beban pelayanan tinggi (Bhatia et al., 2023). Namun, ketergantungan empiris ini memerlukan standardisasi protokol yang ketat agar peningkatan *scan speed* tidak dilakukan secara berlebihan pada pasien dengan laju paparan tinggi.

Di sisi lain, tidak ditemukannya korelasi signifikan antara laju paparan pasien secara langsung dengan kualitas citra ($r = -0{,}010; p = 0{,}959$) membuktikan bahwa besaran radiasi eksternal bukan penentu tunggal mutu visual. Laju paparan eksternal yang diukur pada jarak 1 meter merupakan representasi dari aktivitas total radiofarmaka di seluruh tubuh, termasuk sisa iodin bebas yang beredar di sirkulasi darah dan kandung kemih (Mutohar et al., 2017). Distribusi iodin bebas yang tinggi justru dapat meningkatkan aktivitas latar belakang (*background activity*) non-spesifik yang menutupi kejernihan organ target (Sun et al., 2026). Mutu visual citra lebih ditentukan oleh interaksi antara efisiensi deteksi kolimator, penyerapan spesifik jaringan target, serta keandalan interpretasi visual dokter spesialis kedokteran nuklir (Cherry et al., 2012). Pemilihan parameter rekonstruksi dan koreksi hamburan yang tepat juga berpengaruh besar terhadap akurasi kuantifikasi aktivitas, karena besarnya nilai recovery coefficient bergantung pada ukuran objek dan jumlah statistik cacahan yang diperoleh (Güveniş & AYTAÇ, 2023; McIntosh et al., 2024; Vries–Huizing et al., 2020; Zhang et al., 2021).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu dipertimbangkan dalam generalisasi hasil. Penilaian kualitas citra secara *visual grading* hanya dilakukan oleh satu orang dokter spesialis kedokteran nuklir, sehingga belum mengukur tingkat kesepakatan antar-pengamat (*inter-observer variability*) (Nai et al., 2020; Texte et al., 2020; Verrecchia-Ramos et al., 2023; Yu et al., 2023). Selain itu, jumlah sampel terbatas pada 30 pasien serta belum mengintegrasikan parameter kuantitatif objektif seperti pengukuran *target-to-background ratio* (TBR) pada lesi (Liu et al., 2022). Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah subjek, melibatkan multi-penilai visual, serta memadukan analisis semi-kuantitatif TBR guna memperkuat standardisasi protokol SST *post-terapi* I-131. Oleh karena itu, validasi lintas-pusat dengan desain prospektif berskala lebih besar diperlukan untuk menetapkan nilai ambang aktivitas dan parameter akuisisi yang dapat direproduksi di berbagai fasilitas kedokteran nuklir.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi yang signifikan antara laju paparan radiasi pasien dan kualitas citra planar pada pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 di RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung. Namun, ditemukan korelasi negatif yang signifikan antara kecepatan pemindaian (*scan speed*) dan kualitas citra, yang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pemindaian cenderung menurunkan kualitas visual citra skintigrafi. Selain itu, teridentifikasi korelasi positif yang signifikan antara laju paparan radiasi dan *scan speed*, yang mengonfirmasi kecenderungan teknis operator dalam mempercepat pemindaian pada pasien dengan tingkat paparan radiasi yang lebih tinggi.

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

Pengaturan parameter kecepatan pemindaian pada pemeriksaan SST *post-terapi* I-131 disarankan untuk tetap dipertahankan pada rentang moderat (8–10 cm/menit) guna mencegah peningkatan derau statistik citra. Rumah sakit dan instalasi kedokteran nuklir direkomendasikan untuk menyusun panduan operasional baku penyesuaian *scan speed* yang berbasis rasio cacahan objektif, bukan semata-mata mengandalkan laju paparan eksternal pasien. Penelitian lanjutan diharapkan dapat memperluas cakupan sampel serta mengombinasikan penilaian visual dengan metode kuantitatif rasio target terhadap latar belakang.

DAFTAR PUSTAKA

Arisa Putri, A. A., Indra, B., & Qodir, N. (2025). Characteristics of thyroid carcinoma patients in the inpatient department of Dr. Mohammad Hoesin General Hospital from January 2020 to December 2022. *Indonesian Journal of Cancer*, *19*(2), 211–216. https://doi.org/10.33371/ijoc.v19i2.1281

Avram, A. M., Giovanella, L., Greenspan, B., Lawson, S. A., Luster, M., Van Nostrand, D., Peacock, J. G., Petranović Ovčariček, P., Silberstein, E., Tulchinsky, M., Verburg, F. A., & Vrachimis, A. (2022). SNMMI procedure standard/EANM practice guideline for nuclear medicine evaluation and therapy of differentiated thyroid cancer: Abbreviated version. *Journal of Nuclear Medicine*, *63*(6), 15N–35N. https://doi.org/10.2967/jnumed.122.264104

Bailey, D. L., Humm, J. L., Todd-Pokropek, A., & van Aswegen, A. (2014). *Nuclear medicine physics: A handbook for teachers and students*. International Atomic Energy Agency.

Bhatia, N., Dhingra, V. K., Mittal, P., & Saini, S. (2023). Radiation safety and external radiation exposure rate of patients receiving I-131 therapy for hyperthyroidism and remnant ablation as outpatient: An institutional experience. *World Journal of Nuclear Medicine*, *22*(3), 203–207. https://doi.org/10.1055/s-0043-1771285

Cherry, S. R., Sorenson, J. A., & Phelps, M. E. (2012). *Physics in nuclear medicine* (4th ed.). Elsevier Saunders.

de Vries–Huizing, D. M. V., Sinaasappel, M., Dekker, M. C., Stokkel, M. P. M., & der Veen, B. J. de W. (2020). 177Lutetium SPECT/CT: Evaluation of collimator, photopeak and scatter correction. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, *21*(9), 272–277. https://doi.org/10.1002/acm2.12991

Eka Sriyani, M., Ayu Utami, D., Dwike Susilo, M., Maria Widyasari, E., Marzuki, M., Juwita Sugiharti, R., & Nuraeni, W. (2019). Synthesis of 131I labeled quercetin through oxidation method using chloramine-T for cancer radiopharmaceuticals. *Indonesian Journal of Chemistry*, *19*(4), 841–848. https://doi.org/10.22146/ijc.34512

Forma, A., Kłodnicka, K., Pająk, W., Flieger, J., Teresińska, B., Januszewski, J., & Baj, J. (2025). Thyroid cancer: Epidemiology, classification, risk factors, diagnostic and prognostic markers, and current treatment strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(11), Article 5173. https://doi.org/10.3390/ijms26115173

Güveniş, A., & Aytaç, B. (2023). Improving the quantification accuracy of Tc-99m MIBI dual-phase parathyroid SPECT/CT: A Monte Carlo simulation study. *Natural and Applied Sciences Journal*, *6*(2), 9–23. https://doi.org/10.38061/idunas.1325839

Kumar, P., Bal, C., & Damle, N. A. (2024). Optimal time of diagnostic and posttherapeutic Iodine-131 whole-body scan in post-operative pediatric and young adult differentiated thyroid cancer patients. *Indian Journal of Nuclear Medicine*, *39*(6), 428–435. https://doi.org/10.4103/ijnm.ijnm_133_24

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

Liu, S., Zuo, R., Yang, T., Pang, H., & Wang, Z. (2022). A semiquantitative study of the optimal whole-body imaging time after 131I therapy for differentiated thyroid cancer. *Frontiers in Endocrinology*, *13*, Article 955387. https://doi.org/10.3389/fendo.2022.955387

Mada, M., Attard, M., & Pietrzak, A. (2020). *Hybrid imaging in conventional nuclear medicine: EANM technologist's guide*. European Association of Nuclear Medicine.

McIntosh, L., Jackson, P., Emmerson, B., Buteau, J. P., Alipour, R., Kong, G., & Hofman, M. S. (2024). Quantitative calibration of Tb-161 SPECT/CT in view of personalised dosimetry assessment studies. *EJNMMI Physics*, *11*(1), Article 18. https://doi.org/10.1186/s40658-024-00611-9

Mihailović, J. (2024). Pre-treatment and post-treatment I-131 imaging in differentiated thyroid carcinoma. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(7), Article 1984. https://doi.org/10.3390/jcm13071984

Mutohar, A., Setiabudi, W., & Shintawati, R. (2017). Laju paparan dan dosis radiasi dari pasien terapi kelainan kelenjar tiroid dengan pemberian radiofarmaka Iodium-131. *Youngster Physics Journal*, *6*(1), 22–31. https://doi.org/10.14710/ypj.v6i1.16104

Nai, Y., Schaefferkoetter, J., Fakhry-Darian, D., O'Doherty, S., Totman, J. J., Conti, M., Townsend, D. W., Sinha, A., Tan, T.-H., Tham, I. W. K., Alexander, D. C., & Reilhac, A. (2020). Validation of low-dose lung cancer PET-CT protocol and PET image improvement using machine learning. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics*, *81*, 285–294. https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.11.027

Santos, A., Pietrzak, A., & Terwinghe, C. (2022). *Radionuclide therapy management: A technologists' guide*. European Association of Nuclear Medicine.

Sergieva, S., Sofiyanski, T., Robev, B., Dimcheva, M., & Farikova, A. (2024). Retrospective study of post-treatment 131I SPECT/CT imaging for personalizing therapy of patients with differentiated thyroid cancer. *Folia Medica*, *66*(6), 776–786. https://doi.org/10.3897/folmed.66.e139177

Spanu, A., Nuvoli, S., Marongiu, A., Gelo, I., Mele, L., De Vito, A., Rondini, M., & Madeddu, G. (2021). The diagnostic usefulness of 131I-SPECT/CT at both radioiodine ablation and during long-term follow-up in patients thyroidectomized for differentiated thyroid carcinoma: Analysis of tissue risk factors ascertained at surgery and correlated with metastasis appearance. *Diagnostics*, *11*(8), Article 1504. https://doi.org/10.3390/diagnostics11081504

Stokkel, M., & Van Leeuwenhoekziekenhuis, A. (2016). *Iodine total body scintigraphy: Clinical protocol*. Netherlands Cancer Institute.

Sun, Z., Huang, F., Zhang, Y., Jin, Y., Yang, S., & Gao, S. (2026). Analysis of external dose rate attenuation and its related factors in differentiated thyroid carcinoma patients following I-131 therapy. *EJNMMI Physics*, *13*(1), Article 845. https://doi.org/10.1186/s40658-026-00845-9

Szumowski, P., Abdelrazek, S., Iwanicka, D., Mojsak, M., Sykała, M., Żukowski, Ł., Siewko, K., Adamska, A., Maliszewska, K., Popławska-Kita, A., Szelachowska, M., Krętowski, A., & Myśliwiec, J. (2021). Dosimetry during adjuvant 131I therapy in patients with differentiated thyroid cancer: Clinical implications. *Scientific Reports*, *11*(1), Article 14210. https://doi.org/10.1038/s41598-021-93431-1

Texte, E., Gouel, P., Thureau, S., Lequesne, J., Barrès, B., Edet-Sanson, A., Decazes, P., Véra, P., & Hapdey, S. (2020). Impact of the Bayesian penalized likelihood algorithm (Q.Clear®) in comparison with the OSEM reconstruction on low contrast PET

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694

hypoxic images. *EJNMMI Physics*, *7*(1), Article 28. https://doi.org/10.1186/s40658-020-00300-3

Uppot, R. N. (2018). Technical challenges of imaging & image-guided interventions in obese patients. *The British Journal of Radiology*, *91*(1089), Article 20170931. https://doi.org/10.1259/bjr.20170931

Verrecchia-Ramos, E., Morel, O., Beauchat, V., Denet, S., Sidikou, A. D., Ginet, M., Pfletschinger, E., Teodor, L., Trombowsky, M., Verdier, J., Vère, C., Retif, P., & Mahmoud, S. B. (2023). Personalization of 99mTc-sestamibi activity in SPECT/CT myocardial perfusion imaging with the cardiofocal SmartZoom® collimator. *EJNMMI Physics*, *10*(1), Article 23. https://doi.org/10.1186/s40658-023-00545-8

Yordanova, A., Eppard, E., Kürpig, S., Bundschuh, R. A., Schönberger, S., Gonzalez-Carmona, M., Feldmann, G., Ahmadzadehfar, H., & Essler, M. (2017). Theranostics in nuclear medicine practice. *OncoTargets and Therapy*, *10*, 4821–4828. https://doi.org/10.2147/OTT.S140671

Yu, Z., Rahman, M. A., Laforest, R., Schindler, T. H., Gropler, R. J., Wahl, R. L., Siegel, B. A., & Jha, A. K. (2023). Need for objective task-based evaluation of deep learning-based denoising methods: A study in the context of myocardial perfusion SPECT. *Medical Physics*, *50*(7), 4122–4137. https://doi.org/10.1002/mp.16407

Zhang, R., Wang, M., Zhou, Y., Wang, S., Shen, Y., Li, N., Wang, P., Tan, J., Meng, Z., & Jia, Q. (2021). Impacts of acquisition and reconstruction parameters on the absolute technetium quantification of the cadmium–zinc–telluride-based SPECT/CT system: A phantom study. *EJNMMI Physics*, *8*(1), Article 66. https://doi.org/10.1186/s40658-021-00412-4

Copyright (c) 2026 HEALTHY : Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan
https://doi.org/10.51878/healthy.v6i1.15694