

Efektivitas Citra PNG dalam Mengidentifikasi Kanker Melalui Hounsfield Units

Fery Ferdianto¹
Desy Fitria Wulandari¹,

AFILIASI :

¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas
Matematika dan Ilmu
Pengetahuan, Universitas
Jember

ALAMAT:

Universitas Jember, Jalan Kalimantan
Tegal Boto, Nomor 37, Jember, Jawa
Timur 68121

KORESPONDENSI:

Fery Ferdianto
211810201004@mail.unej.ac.id

KATA KUNCI:

CT-scan, DICOM, Housefield Unit,
PNG.

JEI

<https://journal.unej.ac.id/JEI>
jei@unej.ac.id
FMIPA UNIVERSITAS JEMBER
ISSN:3032 3398

ABSTRAK

SPerkembangan teknologi dalam bidang medis menjadi peluang dalam deteksi dini berbagai penyakit, termasuk kanker. CT-Scan merupakan salah satu alat yang digunakan dalam mendiagnosis kanker. Akan tetapi, informasi atau data medis dari CT-Scan ini biasanya disimpan dalam format DICOM yang memerlukan perangkat lunak dan peralatan khusus untuk diakses. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas citra PNG dalam mempertahankan dan merepresentasikan nilai Hounsfield unit yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi kanker. Metode yang dilakukan adalah kalibrasi, windowing dan filtering menggunakan metode otsu. Windowing merupakan teknik yang digunakan dalam analisa citra CT-Scan untuk memperjelas tampilan area tertentu dalam gambar medis. Terdapat dua parameter utama dalam teknik ini yaitu Window Width (WW) dan Window Level (WL). Sedangkan metode Otsu digunakan untuk segmentasi citra, yang secara otomatis menentukan threshold optimal untuk memisahkan objek dari latar belakang. Hasil menunjukkan nilai kalibrasi dari citra yang tidak mampu menyamakan nilai HU sesuai dengan metadata dari citra DICOM yang menyebabkan hal tersebut dapat terjadi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa citra dengan format PNG mampu atau dapat digunakan untuk mendeteksi jaringan kanker akan tetapi tidak seakurat DICOM dalam aplikasi analisis medis

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang medis, terutama dalam bidang pencitraan yang telah menjadi peluang dalam deteksi dini berbagai penyakit, termasuk kanker. Kanker merupakan penyakit yang tidak menular, namun jumlah penderitanya selalu meningkat sehingga menjadi salah satu penyakit dengan tingkat kematian tinggi di dunia [1]. Deteksi dini menjadi langkah penting dalam upaya meningkatkan peluang kesembuhan pasien. Deteksi dini memerlukan alat dan teknik diagnostik yang dapat mengenali tanda-tanda kanker pada tahap awal, sehingga memungkinkan intervensi medis lebih cepat. Diagnosis merupakan prosedur yang dilakukan dokter untuk menentukan suatu kondisi pasiennya [2]. Salah satu teknik pencitraan yang banyak digunakan untuk mendiagnosis suatu penyakit adalah menggunakan CT-Scan yang menggunakan metode pencitraan tomografi dengan memanfaatkan radiasi sinar-X untuk menghasilkan citra medis dengan tingkat detail cukup tinggi [3]. Citra CT-Scan tidak hanya menghasilkan gambar, tetapi memberikan informasi yang lebih dengan mengukur nilai Hounsfield unit (HU) yang dapat digunakan untuk menilai perbedaan kepadatan jaringan tubuh untuk mengidentifikasi berbagai jenis jaringan, termasuk jaringan kanker.

Nilai Hounsfield unit (HU) pada citra CT-Scan merupakan salah satu parameter utama yang membantu tenaga medis dalam membedakan jaringan sehat dari jaringan yang dicurigai sebagai kanker. Hounsfield unit adalah satuan dari nilai pelemahan sinar-X setelah melewati objek yang nilai tersebut menggambarkan perbedaan suatu organ [4]. Penggunaan HU dalam menganalisis citra CT-Scan memungkinkan dokter untuk mengidentifikasi berbagai jenis jaringan berdasarkan tingkat kepadatannya. Akan tetapi, informasi atau data medis ini biasanya disimpan dalam format DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) [5], dimana meskipun sangat bermanfaat, memerlukan perangkat lunak dan peralatan khusus untuk diakses dan diinterpretasikan. Hal ini menjadi tantangan bagi fasilitas medis dengan sumber daya terbatas.

Fasilitas medis di daerah dengan keterbatasan teknologi, ketersediaan perangkat lunak dan perangkat keras untuk mengakses citra DICOM sering kali menjadi hambatan. Format gambar yang lebih mudah diakses, seperti PNG (Portable Network Graphics), berpotensi digunakan untuk menyimpan dan mengelola data pencitraan medis secara lebih luas. Namun, format PNG memang tidak dirancang untuk mempertahankan data HU seperti metadata dalam citra berformat DICOM yang sangat penting untuk analisis mendalam dalam diagnosa kanker. Tantangan inilah yang menjadi motivasi untuk mengembangkan metode ekstraksi nilai HU dari citra PNG, dengan harapan format ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam situasi di mana akses ke teknologi DICOM terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas citra PNG dalam mempertahankan dan merepresentasikan nilai Hounsfield unit yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi kanker. Jika PNG dapat diolah sedemikian rupa sehingga nilai HU tetap dapat diekstraksi dengan akurasi yang memadai, maka hal ini akan membuka peluang penggunaan format gambar yang lebih umum dan mudah diakses dalam diagnosis kanker. Metode ini diharapkan dapat menyediakan opsi yang lebih praktis dalam pengelolaan data pencitraan medis, sehingga fasilitas kesehatan di daerah terpencil atau anggaran terbatas juga dapat memberikan layanan diagnostik yang berkualitas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan metode diagnostik berbasis teknologi informasi yang lebih inklusif. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berupaya untuk menciptakan solusi yang tepat guna bagi pengembangan diagnostik kanker. Implementasi metode ini berpotensi menjadi inovasi yang tidak hanya relevan untuk kebutuhan medis saat ini tetapi juga bagi perkembangan sistem kesehatan yang berkelanjutan.

METODE

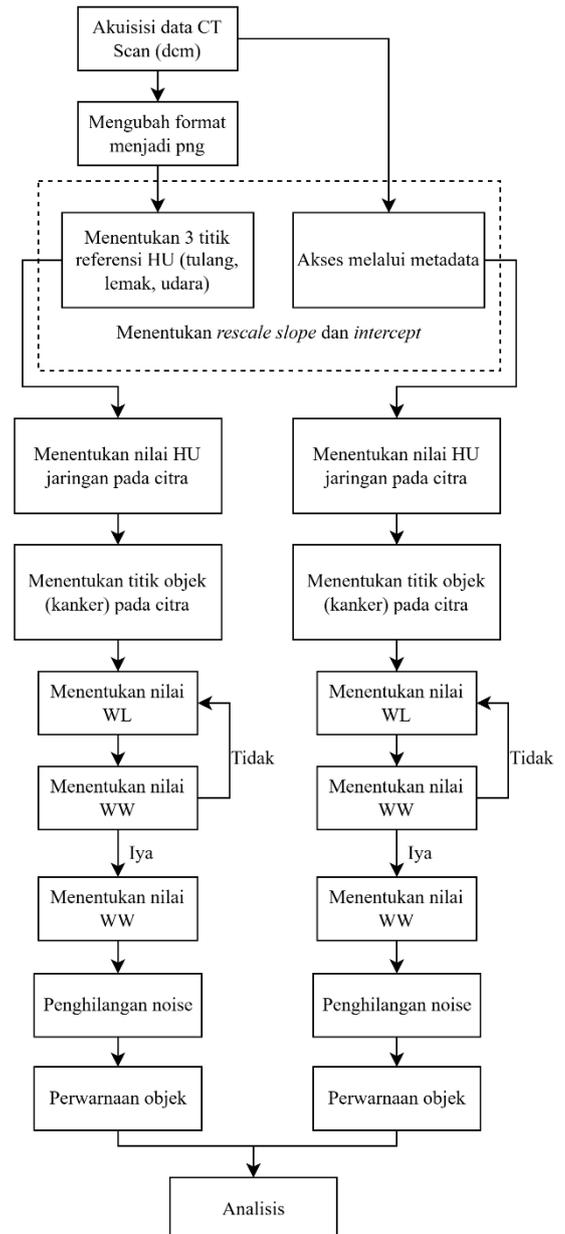
Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk meninjau efektifitas dari citra PNG terhadap DICOM dalam keberhasilannya mengidentifikasi sel kanker sesuai dengan HU metadata asli. Identifikasi tersebut dilakukan menggunakan metode kalibrasi melalui dua titik (udara dan tulang) untuk menentukan HU di jaringan lain termasuk kanker. Metode lain yang digunakan adalah windowing dan filtering menggunakan metode otsu

Desain Penelitian

Tahap pertama penelitian ini dilakukan dengan akuisisi data CT-scan dengan format DICOM (dcm) yang berisi tentang beberapa informasi penting termasuk metadata yang dapat membantu dalam proses analisis. Selanjutnya data tersebut diubah dari format dcm menjadi png. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui keefektifan format png dalam analisis Hounsfield units untuk mendeteksi kanker. Setelah format citra dikonversi, selanjutnya menentukan rescale slope dan intercept yang akan digunakan dalam perhitungan Hounsfield units. Format DICOM memungkinkan akses langsung ke informasi dari metadata file, yang memberikan nilai rescale slope dan intercept. Sedangkan untuk format PNG, harus melakukan perhitungan dengan mempertimbangkan tiga titik referensi, yaitu jaringan yang dianggap sebagai udara (dengan $HU = -1000$), jaringan yang dianggap lemak (dengan $HU = -100$), dan tulang (dengan $HU = 1000$). Melalui penerapan persamaan garis lurus, dapat ditentukan nilai rescale slope dan intercept yang berguna untuk perhitungan HU. Selanjutnya yaitu perhitungan nilai HU yang dilakukan dengan mengalikan nilai piksel gambar dengan nilai rescale slope dan dikurangi dengan rescale intercept.

Setelah nilai HU ditentukan, kemudian menentukan titik objek pada jaringan yang ingin dianalisis, pada penelitian ini yaitu adalah kanker pada ginjal. Setelah ditentukan titik yang akan dianalisis, selanjutnya dilakukan proses windowing. Proses ini bertujuan untuk mengatur kontras pada citra agar lebih mudah untuk dilakukan analisis. Proses ini melibatkan penentuan nilai window level (WL), yang

merupakan nilai tengah pada skala grayscale dan dalam penelitian ini nilai WL disesuaikan dengan HU karena dianggap sebagai fokus analisis. Selain itu, window width (WW) diatur untuk memperbesar kontras antara jaringan kanker dan jaringan sehat, sehingga jaringan yang ingin dianalisis dapat terlihat jelas. Pengaturan ini penting untuk memastikan bahwa informasi visual yang dihasilkan akurat dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 1. Alur Penelitian

Setelah pengaturan kontras selesai, dilanjutkan dengan penghilangan noise pada citra. Noise dalam citra medis dapat mengaburkan detail penting, sehingga perlu diterapkan metode

filtering yang efektif. Penelitian ini menggunakan metode Otsu untuk segmentasi citra, yang secara otomatis menentukan threshold optimal untuk memisahkan objek dari latar belakang. Setelah itu, dilakukan pewarnaan pada daerah yang dianggap sebagai kanker agar lebih mudah dibedakan dengan jaringan lainnya. Proses pewarnaan ini penting untuk visualisasi yang lebih baik dan memfasilitasi identifikasi area kanker. Terakhir dilakukan analisis dengan membandingkan hasil dari citra dengan format dcm dan png untuk melihat keefektifan citra png dalam melakukan analisis kanker tersebut.

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui laman:

<https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/NBIA/NBIA+Data+Retriever+FAQ>.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah format citra, nilai WL, nilai WW, titik referensi jaringan (tulang, udara, lemak), metode filtering (Otsu). Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai HU, dan keberhasilan deteksi kanker. Variabel kontrol penelitian ini adalah jaringan yang dijadikan fokus Analisa yaitu kanker.

Analisa

Analisa keefektifan penggunaan format png dalam deteksi kanker dilakukan dengan Mean Squared Error (MSE) dengan membandingkan citra hasil filtering yang menyisakan jaringan tertentu (kanker) yang dianalisis. MSE menunjukkan gambaran tentang seberapa besar perbedaan antara citra dengan format dcm dan format png dalam hal intensitas pixel. Perhitungan MSE dilakukan dengan persamaan berikut.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_{dcm}(i) - I_{png}(i))^2 \quad (1)$$

Semakin rendah nilai MSE, menunjukkan bahwa semakin kecil perbedaan nilai pixel dari kedua format tersebut. Analisa selanjutnya dilakukan dengan Structural Similarity Index (SSIM). SSIM dapat digunakan untuk mengukur kesamaan antara dua gambar dengan

mempertimbangkan persepsi visual. Pertimbangan persepsi visual tersebut dilakukan dengan mengevaluasi perubahan dalam struktur, pencahayaan, dan kontras pada gambar. Perhitungan SSIM dilakukan dengan persamaan berikut.

$$SSIM = \frac{(2\mu_{dcm}\mu_{png} + (K_1L))}{(\mu_{dcm}^2 + \mu_{png}^2 + (K_1L))} \frac{(2\sigma_{dcmpng} + (K_2L))}{(\sigma_{dcm}^2 + \sigma_{png}^2 + (K_2L))} \quad (2)$$

Keterangan:

μ : rata-rata intensitas dari gambar

σ^2 : variasi intensitas dari gambar

σ_{dcmpng} : kovariansi antara dua gambar

L: rentang dinamis nilai pixel (255 untuk 8 bit)

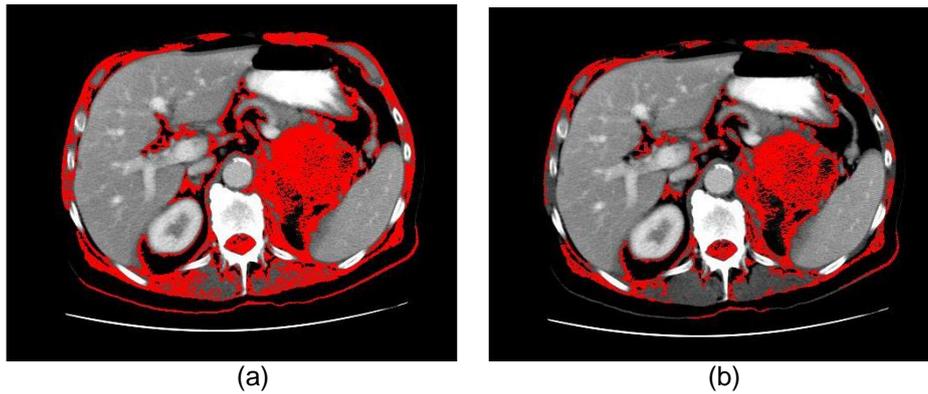
K1 : konstanta kecil (umumnya 0.01)

K2 : konstanta kecil (umumnya 0.03)

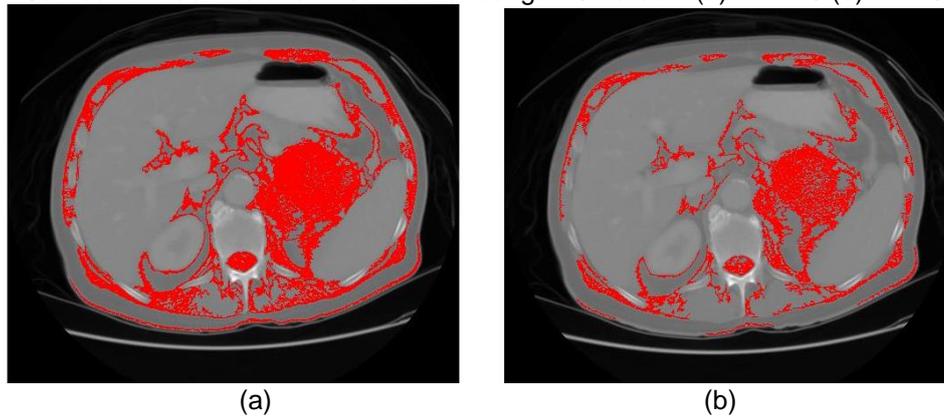
Nilai dari SSIM berkisar antara -1 sampai 1, dimana saat nilai SSIM bernilai mendekati 1 artinya gambar menunjukkan kesamaan. Dengan kedua analisa tersebut dapat diketahui seberapa efektif format png untuk mendeteksi keberadaan kanker melalui nilai HU.

HASIL DAN PEMBAHASAN

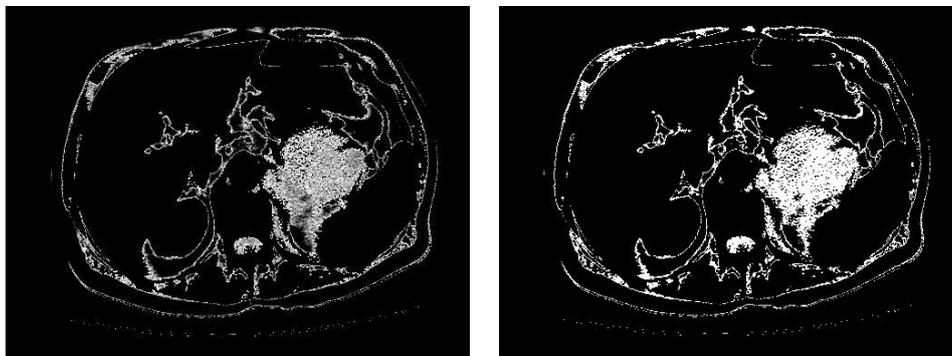
Penelitian ini menghasilkan beberapa gambar sebagai hasil deteksi kanker, yaitu Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar 2 merupakan hasil deteksi kanker dari citra dengan format DICOM (dcm), sementara Gambar 3 berasal dari citra yang telah dikonversi ke format PNG. Pada Gambar 2 dan Gambar 3, terdapat sub-gambar a dan b, yang menunjukkan perbedaan hasil deteksi akibat variasi pengaturan window width (WW). Perbedaan ini menghasilkan tingkat kontras yang berbeda antara a dan b, sehingga area kanker terlihat dengan intensitas yang agak berbeda pada masing-masing gambar. Selain itu, penelitian ini menunjukkan perbedaan (a)sebelum dan (b)setelah penerapan metode Otsu dan filtering yang dapat dilihat pada Gambar 4. Analisis yang digunakan untuk mengevaluasi citra PNG adalah dengan meninjau nilai rescale slope dan rescale intercept serta MSE dan SSIM untuk mengetahui efektifitasnya. Hasil kedua analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dengan membandingkan 10 pasang data PNG dan DICOM dengan citra yang sama tiap pasangannya



Gambar 2. Hasil Deteksi Area Kanker dengan Citra dcm (a)WW=75 (b)WW=50



Gambar 3. Hasil Deteksi Area Kanker dengan Citra png (a)WW=75 (b)WW=50



Gambar 4. Hasil Metode Otsu dan Filtering (a)sebelum (b)sesudah

Tabel 1. Analisis efektifitas citra PNG terhadap citra DICOM

No.	<i>Rescale slope dicom</i>	<i>Rescale intercept dicom</i>	<i>Rescale slope png</i>	<i>Rescale intercept png</i>	MSE	SSIM
1.	1	0	7.779	-998.8997	249.8301	0.93391
2.	1	0	7.926	-988.264	347.8525	0.92211
3.	1	0	7.7995	-980.473	325.3864	0.92617
4.	1	0	8.099	-999.4764	290.8785	0.94064
5.	1	0	8.4365	-1042.0691	1105.4549	0.83759
6.	1	0	7.2779	-987.2911	305.5095	0.93867
7.	1	0	9.2913	-1050.3901	595.0484	0.87966
8.	1	0	9.0928	-1049.3786	1259.5522	0.81341
9.	1	0	9.8035	-1081.6061	1088.8624	0.8268
10.	1	0	8.9374	-1040.1551	344.3842	0.9322

Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) merupakan format yang didesain untuk menyimpan data pada citra medis seperti CT-scan dan MRI. Tidak hanya menyimpan data piksel gambar, format DICOM (dcm) juga menyimpan beberapa informasi tambahan seperti identitas pasien dan juga nilai-nilai penting dalam analisis gambar. Metadata ini mencakup parameter seperti rescale slope dan rescale intercept, yang sangat penting untuk konversi nilai piksel menjadi Hounsfield units (HU) yaitu ukuran densitas jaringan yang umum digunakan dalam analisis CT-scan. Konversi nilai HU dilakukan dengan mengalikan nilai piksel pada citra dengan rescale slope, kemudian mengurangi hasilnya dengan rescale intercept. Portable Network Graphics (PNG) merupakan format gambar dengan kualitas tinggi dan kompresi lossless yang mempertahankan detail gambar tanpa mengorbankan kualitas. Berbeda dengan dcm, png hanya menyimpan nilai piksel tanpa menyertakan metadata khusus seperti rescale slope dan intercept yang penting dalam analisis HU pada CT-scan. Sehingga, untuk menentukan nilai HU pada gambar png, diperlukan perhitungan manual. Pendekatan ini dilakukan dengan menetapkan rescale slope dan intercept menggunakan persamaan garis lurus yang dihitung berdasarkan tiga titik referensi densitas jaringan seperti; udara ($HU = -1000$), lemak ($HU = -100$), dan tulang ($HU = 1000$).

Windowing merupakan teknik yang digunakan dalam analisa citra CT-scan untuk memperjelas tampilan area tertentu dalam gambar medis. Terdapat dua parameter utama dalam teknik ini yaitu Window Width (WW) dan Window Level (WL). WW menentukan rentang kontras yang akan ditampilkan, sementara WL mengatur posisi pusat rentang kontras tersebut. Penelitian ini menggunakan teknik windowing untuk menganalisis kanker agar mudah dikenali dan dibedakan dengan jaringan sehat lainnya. WL dalam penelitian ini disesuaikan dengan nilai HU, karena nilai HU menjadi fokus utama dalam analisis untuk membedakan jenis jaringan, termasuk kanker dan jaringan sehat. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar-gambar tersebut, menunjukkan hasil deteksi kanker dalam format

citra png dan dcm dengan dua pengaturan WW yang berbeda. Gambar (a) baik pada citra png ataupun dcm menggunakan pengaturan WW sebesar 75. Kedua gambar tersebut menunjukkan area kanker tampak dalam konteks yang lebih luas, sehingga struktur di sekitarnya masih terlihat jelas meskipun area kanker sudah cukup menonjol. Sedangkan, pada gambar (b) baik di citra png dan dcm menggunakan pengaturan WW sebesar 50. Melalui rentang yang lebih sempit, kedua gambar menunjukkan area kanker dengan kontras yang lebih tinggi. Penggunaan WW yang lebih besar, seperti 75, lebih efektif jika tujuan utamanya adalah melihat struktur anatomi di sekitar area kanker, karena memberikan konteks yang lebih luas. Namun, jika tujuan utamanya adalah memperjelas batas area kanker untuk identifikasi dan pengukuran yang lebih akurat, WW sebesar 50 lebih efektif karena meningkatkan kontras antara kanker dan jaringan sekitarnya.

Metode Otsu juga digunakan dalam penelitian ini untuk membantu dalam pemisahan jaringan kanker dengan jaringan sehat lainnya. Melalui metode Otsu, threshold optimal secara otomatis ditetapkan untuk membedakan area kanker dari latar belakang, sehingga memudahkan identifikasi. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan proses filtering, di mana area dengan ukuran di bawah 60 piksel dianggap sebagai noise dan dihapus. Proses ini bertujuan untuk mengurangi gangguan dari detail kecil yang tidak relevan, sehingga area kanker menjadi lebih jelas dan terfokus. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4(a) menunjukkan citra sebelum diterapkan metode Otsu dan filtering, di mana terdapat banyak noise atau bintik kecil yang mengganggu. Setelah penerapan metode Otsu dan filtering dengan batas area 60 piksel yang dapat dilihat pada Gambar 4(b), noise berkurang secara signifikan, sehingga area kanker terlihat lebih jelas dan terfokus. Proses ini menghasilkan citra dengan batasan kanker yang lebih tegas, sehingga area yang dianggap sebagai jaringan kanker dapat terlihat lebih jelas.

Analisis yang digunakan untuk menentukan efektifitas citra dengan format PNG adalah



dengan menghitung nilai MSE serta SSIM. Selain kedua perhitungan tersebut, kalibrasi juga dilakukan pada citra berformat PNG karena tidak memiliki metadata seperti pada format DICOM. kalibrasi ini dilakukan dengan menentukan dua titik yang diasumsikan sebagai tulang dan juga udara yang masing-masing bernilai 1000 dan -1000. Hasil kalibrasi tersebut berupa nilai rescale slope dan rescale intercept pada Tabel 1. Seluruh data DICOM memiliki rescale intercept dan rescale slope sebesar 1 dan 0 sedangkan pada rekonstruksi citra PNG yang telah dikalibrasi cenderung bervariasi. Nilai yang paling mendekati nilai metadata DICOM adalah gambar ke- 6 ditunjukkan dengan nilai rescale slope dan rescale intercept sebesar 7.2779 dan -987.2911. Nilai yang paling mendekati nilai dari metadata pun masih terlalu jauh untuk dikatakan akurat.

MSE (Mean Squared Error) merupakan kesalahan atau perbedaan rata-rata nilai piksel pada dua citra. MSE ini menghitung rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai piksel citra asli (DICOM) dan citra hasil rekonstruksi (PNG). Hasil dari MSE untuk 10 data yang berbeda menunjukkan nilai yang bervariasi dengan nilai terkecil sebesar 249.8301 dan tertinggi sebesar 1259.5522. Nilai MSE yang semakin kecil menunjukkan bahwa semakin kecil pula perbedaan nilai piksel dari kedua format tersebut atau dapat dikatakan semakin mirip kedua citra tersebut yang berarti untuk citra ke-8 dengan nilai MSE tersebut memiliki perbedaan yang cukup tinggi dengan citra aslinya. Meskipun nilai rescale slope dan intercept yang paling mendekati aslinya adalah gambar ke- 6, akan tetapi nilai MSE yang baik ditunjukkan oleh gambar ke-1. Hal tersebut dipengaruhi oleh kalibrasi yang dilakukan, jika nilai rescale slope dan intercept tidak akurat, maka nilai MSE yang dihitung antara dua citra bisa tidak sesuai, karena perbedaan antara kedua citra mungkin tidak merefleksikan perbedaan pada skala HU yang sebenarnya.

SSIM (Structural Similarity Index Measure) merupakan perhitungan kemiripan struktural antara dua gambar yang lebih cocok untuk analisis kualitas visual. Nilai ini juga menunjukkan hasil yang cenderung tidak konstan, dimana nilai terkecil bernilai 0.81341 dan nilai terbesar yaitu

0.94064. Semakin nilai SSIM mendekati 1 maka semakin identik atau sama ke-cua citra tersebut secara struktur. Gambar ke-4 menunjukkan kesamaan paling identik karena memiliki nilai yang paling besar.

KESIMPULAN

Penelitian ini menilai keefektifan dari citra berformat PNG untuk dalam mengidentifikasi kanker. Berdasarkan hasil yang didapat, sebagian area terindikasi kanker dapat diidentifikasi namun terdapat beberapa jaringan lain (selain kanker) yang memiliki nilai HU serupa juga ikut teridentifikasi. Nilai kalibrasi dari citra yang tidak mampu menyamakan nilai HU sesuai dengan metadata dari citra DICOM yang menyebabkan hal tersebut dapat terjadi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa citra dengan format PNG mampu atau dapat digunakan untuk mendeteksi jaringan kanker akan tetapi tidak seakurat DICOM dalam aplikasi analisis medis yang membutuhkan konversi nilai HU, karena keterbatasan pada informasi metadata

DEKLARASI

Tim penulis menyatakan bahwa penelitian yang telah dilakukan merupakan hasil kerja dari tim penulis. Semua aspek yang terdapat dalam penelitian ini tidak memiliki konflik kepentingan yang berpengaruh terhadap hasil penelitian. Penelitian ini juga tidak mengandung plagiarisme karena penulis menghormati hak cipta dan privasi semua pihak yang bersangkutan.

REFERENSI

- [1] D. Alfiani, M. P. Putri, and W. Widayanti, "Literature Study: Obesitas sebagai Faktor Risiko pada Kanker Payudara Triple Negative," *Bandung Conf. Ser. Med. Sci.*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.29313/bcsms.v2i1.760.
- [2] D. Mauli, "Tanggung Jawab Hukum Dokter Terhadap Kesalahan Diagnosis Penyakit Kepada Pasien," *Cepalo*, vol. 2, no. 1, p. 33, 2019, doi: 10.25041/cepalo.v2no1.1760.

- [3] W. M. Dewanti, D. Milvita, R. Fardela, I. B. G. P. Pratama, and S. Herlinda, "Analisis Korelasi Usia, Massa Tubuh, mAs, dan Dosis Efektif Terhadap CTDIvol dan DLP pada Pemeriksaan CT-Scan Pasien Dewasa," *J. Fis. Unand*, vol. 13, no. 4, pp. 579–586, 2024, doi: 10.25077/jfu.13.4.579-586.2024.
- [4] S. Puspaningrum, N. Putu, R. Jeniyanthi, and I. M. P. Darmita, "Analisis nilai CT Number pada pemeriksaan CT-scan Thorax pada Kasus Efusi Pleura di RS Bhayangkara Makassar," *Naut. J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 10, pp. 1212–1216, 2023.
- [5] D. A. Widodo, A. Mushansyah, and N. Ambarsari, "Implementasi Sistem Picture Archiving And Communication System Pada Sistem Operasi Ubuntu," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1943–1948, 2019.