

Deteksi Citra CT Scan Paru-paru untuk Penentuan Luas dan Keliling dengan Metode Active Contour

Wahyu Saptha Negoro¹, Asbon Hendra Azhar², Ratih Adinda Destari³
^{1,2,3}Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama, Indonesia
E-mail: wahyusaptha1707@gmail.com¹, asbon.upu@gmail.com²,
adindaalkarim0384@gmail.com³

Abstract

Much research has been carried out on medical image processing by developing various methods of image processing. The research was carried out with the aim of improving image quality, so that it is easier to interpret and analyze images objectively. The same is true for CT scan images of the lungs, which are images in DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) format which were researched using the Active Contour method to be able to segment the borders of the lungs and be able to calculate the size of their area and circumference more appropriate. There were 5 CT scan images of the lungs used in this research as examples of segmentation using the Active Contour method. The results obtained from detecting CT scan images of the lungs based on validation of the suitability of calculating the area and circumference of the lungs by doctors have an accuracy of 80%. Based on this research, it can be used as a medical reference for determining the size of the area on CT scan images of the lungs.

Keywords: Active Contour, Segmentation, CT scan of the lungs.

Abstrak

Penelitian pada pengolahan citra medis telah banyak dilakukan dengan mengembangkan berbagai macam metode dari pengolahan citra. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas citra, agar lebih mudah diinterpretasi untuk menganalisis citra secara objektif. Sama halnya dengan citra CT scan paru-paru, dimana merupakan citra yang dengan format DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) yang dilakukan penelitian dengan menggunakan metode Active Contour untuk dapat mensegmentasi batas tepi dari paru-paru dan dapat menghitung ukuran dari luas dan kelilingnya lebih tepat. Citra CT scan paru-paru yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 5 citra sebagai contoh dalam mensegmentasi dengan metode Active Contour. Hasil yang didapatkan dari mendeteksi Citra CT scan paru-paru berdasarkan validasi kesesuaian perhitungan area luas dan keliling paru-paru dengan dokter memiliki akurasi 80%. Berdasarkan penelitian ini dapat menjadi acuan dalam medis untuk penentuan ukuran area pada Citra CT scan paru-paru.

Kata Kunci : Active Contour, Segmentasi, CT scan paru-paru

1. Pendahuluan

Pengolahan Citra Digital merupakan disiplin ilmu yang berkaitan dengan teknik pengolahan citra dengan menggunakan komputer. Gambar adalah representasi visual dari beberapa objek atau satu objek. Gambar ada beberapa jenis, mulai dari foto manusia, foto x-ray, gambar, dan gambar satelit. Terdapat beberapa jenis citra yaitu citra berwarna (RGB), citra skala abu-abu, citra biner (monokrom), sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan citra digital adalah suatu proses untuk memperoleh citra baru yang kualitasnya lebih baik dari citra sebelumnya [1], [2].

Suatu citra digital dapat dinyatakan dalam matriks dua dimensi yaitu $f(x,y)$ dan dapat dinyatakan dalam M kolom dan N baris, dimana pemisahan baris dan kolom disebut

piksel (elemen citra) atau elemen terkecil dalam sebuah gambar. Gunakan untuk mengekstrak informasi darinya tetapi seringkali terjadi penurunan kualitas sehingga ada cacat pada gambar atau terdapat noise dan proses pengambilan kurang sempurna. Tujuannya adalah untuk memudahkan dalam menafsirkan atau meningkatkan informasi suatu citra digital, tugas yang paling umum dalam pengolahan citra adalah segmentasi citra, yaitu teknik yang digunakan untuk mengekstraksi batas suatu objek atau membagi suatu citra menjadi beberapa segmen. Dalam dunia kedokteran, segmentasi citra digunakan untuk mendeteksi suatu objek pada citra medis atau menganalisis sifat suatu penyakit seperti penyakit pada paru-paru[3], [4], [5]. Secara umum pengolahan citra digital dapat diartikan sebagai pengolahan gambar dua dimensi dengan menggunakan komputer [6], [7].

Salah satu pemanfaatan citra digital dalam bidang kesehatan adalah dalam mengambil gambar kondisi organ tubuh manusia yang tidak dapat dilihat langsung oleh mata dokter. Saat ini sudah banyak teknologi pengambilan gambar organ tubuh manusia secara digital, seperti gambar USG digital, gambar X-ray digital, gambar X-Ray digital, gambar CT scan digital, dan gambar MRI digital serta gambar Slit Lamp digital [8]. Setiap gambar yang diperoleh memiliki kelebihan dan kekurangan pada tahap diagnosis dan penentuan jenis penyakit. Sama seperti alat yang digunakan untuk melihat penyakit paru-paru, dokter akan melihat menggunakan CT scan digital dengan format citra DICOM untuk diagnosis awal.

Metode segmentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Active Contour (AC) yang merupakan kerangka kerja yang efisien untuk segmentasi citra. Ide dasar kerangka AC adalah untuk mengontrol kurva yang bergerak menuju normal interior dan kemudian berhenti pada batas sebenarnya suatu benda berdasarkan model minimalisasi energi. Dua kelemahan utama algoritma AC adalah (1) sensitivitas terhadap posisi awal dan (2) kesulitan terkait perubahan topologi. AC berbasis tepi dapat terhenti pada gradien gambar kontras tinggi dan memiliki kekurangannya sendiri. Misalnya, ia dapat secara efektif mensegmentasi objek dengan tepi yang kuat, namun tidak dapat mendeteksi tepi yang lemah pada suatu objek. Selain itu, metode ini sensitif terhadap noise dan tidak mudah untuk mendapatkan hasil segmentasi yang benar karena gambar buram atau kurang kontras [8].

Ketergantungan AC pada setiap model pada penempatan awal kontur [9]. AC adalah pendekatan segmentasi yang memisahkan wilayah tertentu dari suatu gambar menggunakan batasan daya dan energi. Kurva gambar selalu berhubungan dengan fungsi energi. Kontur gambar yang diinginkan ditentukan dengan mengurangi fungsi energi [10]. Hasil penelitian terkait metode Active Contour [11], Model Kontur Aktif untuk Ekstraksi Batas dengan Penerapan pada Citra Medis dengan Noise, Citra Medis mempertimbangkan dua algoritma denoising citra yang berbeda yaitu filter Gaussian dan filter Bilateral yaitu SSCDG 0.8322 sedangkan SSCDB 0.8223. Segmentasi otomatis citra medis menggunakan metode optimasi novel Harris Hawk dan model kontur aktif, Penyakit tumor kulit, metode kontur aktif berbasis wilayah Ereg. Metode yang diusulkan adalah pengoptimal Harris Hawks berdasarkan kernel Gaussian. Persentase kontur yang baik sangat tinggi (92%) [12].

Sehingga pada penelitian ini berdasarkan pada citra CT scan paru-paru dapat mendeteksi dan menentukan ukuran luas dan keliling area paru-paru, dan dapat membantu pihak medis dalam memberikan diagnosa dari hasil analisa dengan menggunakan metode Active contour dan bahasa pemrograman MATLAB.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Segmentasi

Segmentasi merupakan suatu proses pengolahan citra untuk memisahkan objek tertentu dengan latar belakang atau objek lainnya, sehingga nantinya dapat membentuk area yang memiliki atribut serupa. Tujuan utama dari segmentasi ini adalah untuk

memperoleh informasi tertentu yang terdapat pada suatu objek. Gambar mengambang (thresholding, image) merupakan metode segmentasi yang paling sederhana. Operasi floating membagi gambar menjadi dua wilayah item, yaitu wilayah objek dan wilayah latar belakang. Hasil dari operasi ini adalah gambar biner mengambang yang hanya memiliki dua derajat abu-abu: hitam dan putih. Ambang batas T dipilih sedemikian rupa sehingga kesalahan yang diperoleh sekecil mungkin. Cara umum untuk menentukan nilai T adalah dengan membuat histogram gambar. Nilai T dapat dipilih secara manual atau dengan teknik otomatis. Teknik manual dilakukan dengan cara trial and error dan menggunakan histogram sebagai panduannya, dimana segmentasi adalah pengolahan citra [13], [14], [15], [16].

2.2. Inisialisasi Mask

Inisialisasi Mask Inisialisasi mask merupakan langkah penting dalam segmentasi citra menggunakan metode kontur aktif. Mask digunakan untuk menentukan luas awal objek yang akan disegmentasi. Proses inisialisasi mask merupakan langkah awal yang penting dalam metode segmentasi citra menggunakan Active Contour. Mask digunakan untuk mengetahui area awal paru-paru dari objek yang akan disegmentasi seperti paru-paru. Masker bertujuan untuk menentukan area tertentu pada gambar yang termasuk (atau tidak termasuk) pada objek paru-paru yang ingin disegmentasi. Mask adalah representasi biner di mana piksel di dalam objek diberi nilai 1 (atau putih), dan piksel di luar objek diberi nilai 0 (atau hitam) [17], [18].

2.3. Metode Active Contour

Metode Active Contour (ular) merupakan salah satu pendekatan segmentasi, dimana metode ini menggunakan kurva tertutup yang dapat bergerak melebar atau menyempit. Kurva inisialisasi ditempatkan di luar objek yang akan disegmentasi, kemudian melalui proses iterasi kurva tersebut akan bergerak mendekati batas objek hingga akhirnya menemukan batas objek [19], [20].

Kontur aktif adalah pendekatan segmentasi yang memisahkan wilayah tertentu pada suatu gambar menggunakan batasan daya dan energi. Kontur adalah garis yang menentukan area gambar yang diinginkan. Kontur mengacu pada sekelompok titik yang diinterpolasi. Tergantung pada kurva pada gambar, proses interpolasi ditentukan, untuk menetapkan parameter kurva atau kontur, model kontur menentukan batas objek atau elemen visual lainnya. Beberapa teknik kontur yang melibatkan gaya eksternal dan internal digunakan untuk menghitung kelengkungan model. Kurva gambar selalu berhubungan dengan fungsi energi [21]. Kontur gambar yang diinginkan ditentukan dengan mengurangi fungsi energi. Fungsi energi ular merupakan penjumlahan energi luar dan dalam yang dapat dituliskan sebagai:

$$E_{snake} = \int_0^1 E_{internal}((s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s)) ds \quad (1)$$

Di mana:

- E_{snake} = Merupakan fungsi energi dari kontur aktif, dari fungsi tersebut kita akan mencari benda yang memenuhi fungsi energi tersebut.
- (s) = Merupakan kumpulan koordinat x dan y dari kurva kontur aktif.
- E_{int} = Merupakan energi dalam kontur aktif, energi ini mempengaruhi pergerakan kurva kontur aktif.
- E_{img} = Merupakan energi dari citra digital yang diinput (fitur tingkat rendah seperti titik tepi).
- E_{con} = informasi tingkat tinggi yang mempengaruhi pergerakan kurva kontur aktif.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, Active Contour merupakan proses minimalisasi energi [22], [23]. Oleh karena itu, himpunan koordinat kurva x dan y pada

iterasi berikutnya mempunyai energi yang lebih kecil dibandingkan iterasi sebelumnya dengan tetap memenuhi ketiga energi yang ada yaitu Eint, Eimg, dan Econ. Karena tujuannya adalah mencari energi minimum dari persamaan di atas dan mencari kumpulan koordinat x dan y dari kurva Kontur Aktif yang memenuhinya.

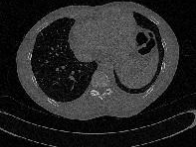
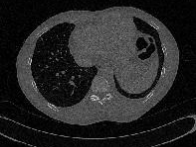
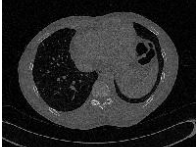
3. Hasil dan Pembahasan

Tahapan ini merupakan langkah awal dalam pengolahan citra, dimana data yang digunakan adalah data yang diperoleh atau diperoleh dari rumah sakit. Padang Aye Center (PAC). Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data (Data Collection) yang berasal dari CT Scan, datanya berupa citra paru-paru dan dilanjutkan dengan tahap cropping. Setelah itu masuk ke tahap proses deteksi yaitu data masukan citra paru-paru akan diinisialisasi dengan masker untuk menentukan area objek paru-paru. Tahap selanjutnya adalah berupa segmentasi RGB dan segmentasi biner serta menampilkan luas dan keliling citra paru-paru yang dideteksi.

3.1. Data Input

Data input yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra paru-paru sebanyak 5 citra CT Scan. Adapun data input citra CT scan Paru-paru dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Input

No.	CT Scan Paru-paru	Keterangan
1.		Citra CT Scan Paru-paru (Pasien 1)
2.		Citra CT Scan Paru-paru (Pasien 2)
3.		Citra CT Scan Paru-paru (Pasien 3)
4.		Citra CT Scan Paru-paru (Pasien 4)
5.		Citra CT Scan Paru-paru (Pasien 5)

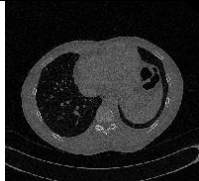
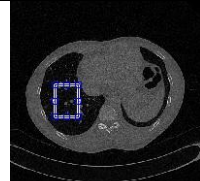
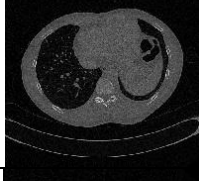
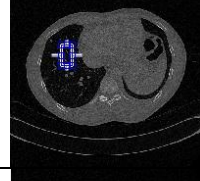
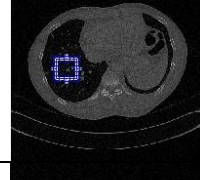
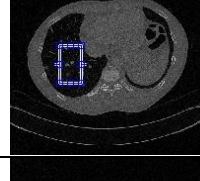
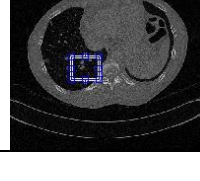
Tabel 1 menunjukkan 5 sampel gambar masukan yang telah mengalami proses cropping

dimana gambar masukan tersebut akan digunakan pada tahap selanjutnya yaitu pengolahan. Pada tahap pengolahan citra akan memasuki tahap inisialisasi mask, dan proses segmentasi Active Contour RGB dan segmentasi biner.

3.2. Inisialisasi Mask

Pada tahap inisialisasi dilakukan pemasangan mask dengan tujuan untuk menentukan area objek paru pada paru-paru untuk dapat mendeteksi area paru-paru, dimana analisis mask merupakan tahap awal yang perlu dilakukan untuk dapat mendeteksi. paru-paru sehingga pada akhirnya dapat ditentukan luas dan keliling area keseluruhan paru-paru. menjadi acuan dalam dunia kedokteran. Pada Tabel 2 di bawah ini akan ditampilkan proses dari gambar yang diinputkan hingga menjadi gambar yang diinisialisasi kedalam tahap deteksi.

Tabel 2. Inisialisasi Mask

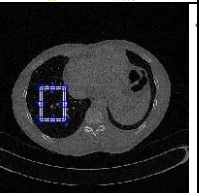
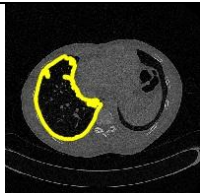
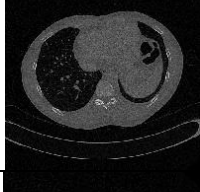
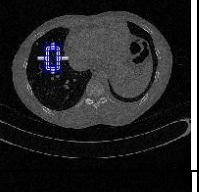
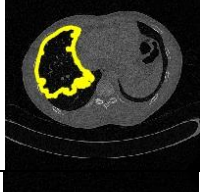
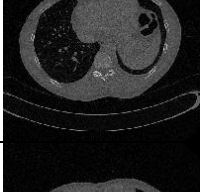
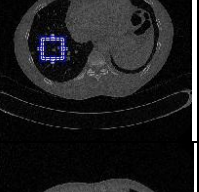
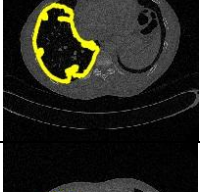
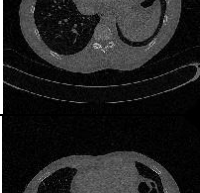
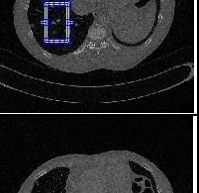
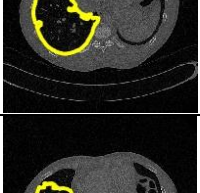
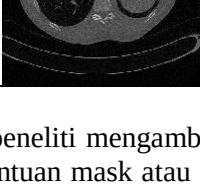
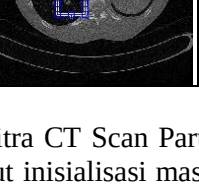
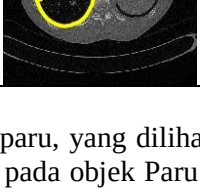
No.	Input CT Scan Paru-paru	Inisialisasi Mask
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Pada Tabel 2 terlihat dari penentuan mask awal objek paru-paru, dimana inisialisasi yang dilakukan merupakan tahap awal untuk mendeteksi paru-paru yang akan dilihat pada tahap segmentasi RGB dan segmentasi biner selanjutnya.

3.3. Segmentasi RGB

Hasil segmentasi RGB merupakan hasil proses dari sebelumnya pada tahap inisialisasi mask yang menunjukkan area paru-paru pada organ tubuh. Hasil segmentasi RGB dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Segmentasi RGB

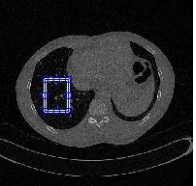
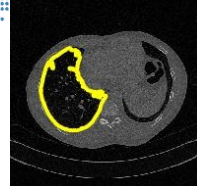
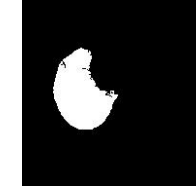
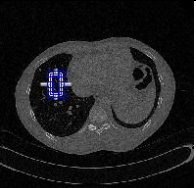
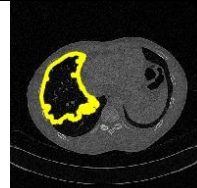
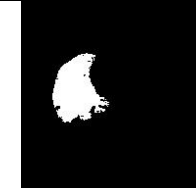
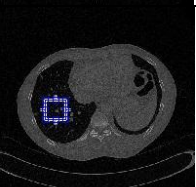
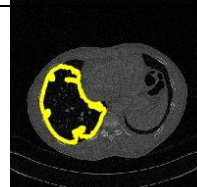
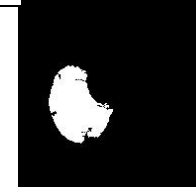
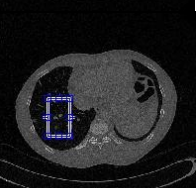
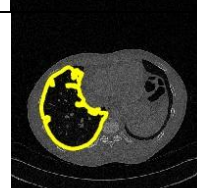
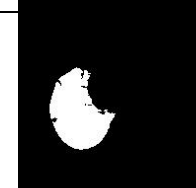
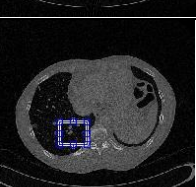
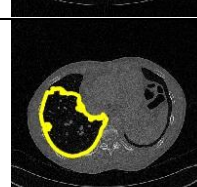
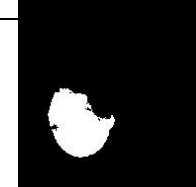
No.	Input CT Scan Paru-paru	Inisialisasi Mask	Segmentasi RGB
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Pada Tabel 3, peneliti mengambil 5 citra CT Scan Paru-paru, yang dilihat dari citra input, hingga penentuan mask atau disebut inisialisasi mask pada objek Paru-paru, untuk mendeteksi area paru-paru. Selanjutnya pada tahap segmentasi RGB, hasil segmentasi RGB menunjukkan garis atau batas berwarna kuning yang menunjukkan area paru-paru yang berhasil terdeteksi. Sedangkan untuk tahap selanjutnya akan dilanjutkan dengan tahap segmentasi biner.

3.4. Segmentasi Biner

Hasil yang ditampilkan pada tahap segmentasi biner merupakan hasil dari proses segmentasi citra RGB sebelumnya sehingga menampilkan citra biner hitam putih. Dimana warna hitam merupakan area latar belakang organ tubuh yang tidak termasuk paru-paru yang mempunyai nilai intensitas 0 yang menjadi acuan citra yang tidak termasuk dideteksi sedangkan warna putih merupakan objek paru-paru yang berhasil dideteksi mempunyai nilai intensitas 1 yang menunjukkan bentuk area dari paru-paru. Hasil segmentasi biner dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Segmentasi Biner

No.	Input CT Scan Paru-paru	Inisialisasi Mask	Deteksi Area Paru-paru	
			Segmentasi RGB	Segmentasi Biner
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

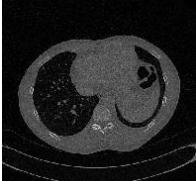
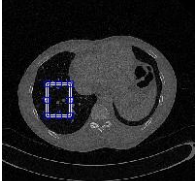
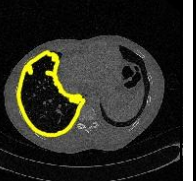
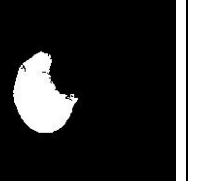
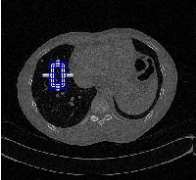
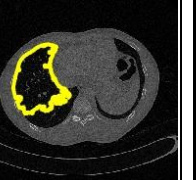
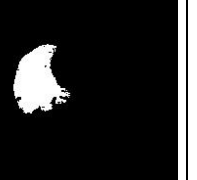
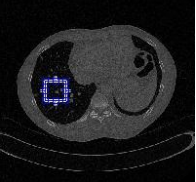
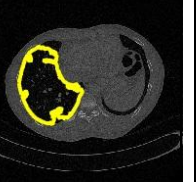
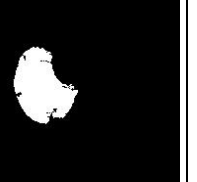
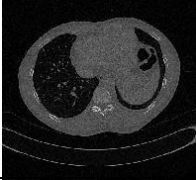
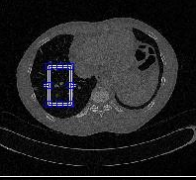
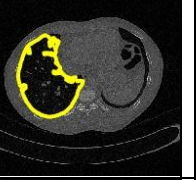
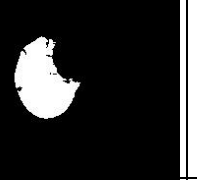
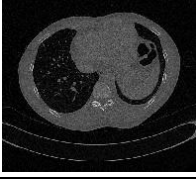
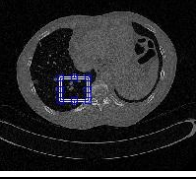
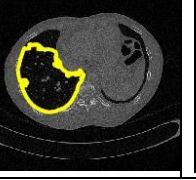
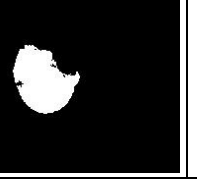
Pada Tabel 4 mengambil 5 citra CT Scan Paru-paru, yang pertama terlihat dari gambar input, untuk menentukan mask atau disebut inisialisasi mask pada objek paru-paru pada organ tubuh, untuk mendeteksi area keseluruhan dari paru-paru. Selanjutnya pada tahap segmentasi RGB, dimana hasil segmentasi RGB menunjukkan garis atau batas berwarna kuning yang menunjukkan area paru-paru yang berhasil dideteksi dan selanjutnya pada segmentasi biner yang menunjukkan area paru-paru berwarna hitam putih, hitam untuk latar belakangnya berwarna putih untuk objek paru-paru. Hasil segmentasi RGB dan hasil segmentasi biner diatas merupakan hasil deteksi paru-paru sehingga dapat menjadi acuan bagi dokter spesialis dalam analisa lebih lanjut. Tahap selanjutnya akan dilanjutkan dengan hasil pengukuran luas dan keliling paru-paru pada organ tubuh yang berhasil terdeteksi.

3.5. Hasil Pengukuran Luas Dan Keliling Paru-paru yang Terdeteksi

Hasil pengukuran luas dan keliling paru-paru yang berhasil terdeteksi merupakan hasil dari pengolahan pada tahap segmentasi RGB dan segmentasi biner. Pengukuran luas dan keliling digunakan oleh dokter spesialis dalam analisis lanjutan, yaitu sebagai pengukuran untuk mengetahui area dari keseluruhan paru-paru. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan pemrograman MATLAB, berdasarkan wawancara atau diskusi dengan ahli

atau dokter spesialis di RSUD. Djamil Padang, Sumatera Barat, mengatakan tahapan diagnosis paru-paru menggunakan CT Scan hanya sebatas mengukur paru-paru horizontal dan vertikal tetapi tidak dapat menentukan luas dan keliling area paru-paru. Oleh karena itu, penelitian ini dapat menentukan luas dan keliling area paru-paru secara pasti sebagai bahan pertimbangan dalam memberikan pengembangan jika ada penyakit atau paru-paru mengalami kerusakan dalam bentuk maka area akan mengecil. Hasil pengukuran luas dan lingkaran keratitis dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5. Hasil Pengukuran Area Luas dan Keliling Citra CT Scan Paru-paru

No.	Input CT Scan Paru-paru	Inisialisasi Mask	Deteksi Area Paru-paru		Area	
			Segmentasi RGB	Segmentasi Biner	Luas (mm ²)	Keliling (mm)
1.					118.4 mm ²	70.5 mm
2.					102.7 mm ²	87.3 mm
3.					112.6 mm ²	63.0 mm
4.					118.9 mm ²	68.1 mm
5.					107.2 mm ²	53.7 mm

Pada Tabel 5 terdapat 1 citra CT Scan paru-paru yang tidak sesuai dengan analisa dokter yaitu pada citra nomor urut 5. Dimana citra tersebut terdeteksi dengan area yang tidak keseluruhan sehingga tidak memaksimalkan hasil analisa dan diagnosa dokter.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan diatas peneliti dapat memberikan suatu kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan untuk pengembangan atau turut membantu pihak medis dalam menentukan area keseluruhan dari paru-paru. Dimana hasil penelitian yang

telah dilakukan dari keseluruhan 5 citra CT Scan paru-paru, yang dapat terdeteksi sesuai dengan analisa dan diagnosa dokter ada 4 citra yang sesuai dan 1 citra yang tidak sesuai dengan analisa dokter. Sehingga penelitian ini memiliki nilai akurasi sebesar 80% serta dari pengukuran luas dan keliling area paru-paru dapat teruji dengan klinis kebenarannya. Adapun berdasarkan citra yang error atau citra yang tidak dapat terdeteksi memiliki nilai akurasi 20%, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini terhadap mendeteksi citra CT Scan paru-paru adalah berhasil terdeteksi dengan menggunakan metode *Active Contour* dan pemrograman desain GUI Matlab.

Daftar Pustaka

- [1] Fadjeri A, Lisna Kurniatin, Dicki Kusuma Adri Ariyanto, Bayu Aji Saputra, 2023, Analisis Perbandingan Hasil Pengolahan Citra Asli Dan Cropping dalam Identifikasi Karakteristik Tanaman Selada, Jurnal Ilmiah Sinus (JIS) Vol : 21, No. 1, Januari 2023 ISSN (Print) : 1693-1173 , ISSN (Online): 2548-4028
- [2] Wahyu S, N, Asbon, H, A, Ratih, A, D, Achmad, S, 2024, Digital Image Processing Education for Detection and Knowledge Information Hidden in Images, Jurnal TUNAS Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JIS), Vol 6, No 1 (2024), e-ISSN: 2715-2715, Page 18 – 22, DOI: <http://dx.doi.org/10.30645/.v1i1>.
- [3] Kon N, A, Abdul Kadir Jumaat, Muhammad Danial Adzlizan Suhaizi, 2024, Active Contour Models for Boundary Extraction with Application to Medical Images with Noise, Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology 33, Issue 2 (2024) 300-312, <https://doi.org/10.37934/araset.33.2.300312>.
- [4] Wang. X, Shaochun Yang, Yongfu Zhao, Ya Wang, 2018, Lithology identification using an optimized KNN clustering method based on entropy-weighted cosine distance in Mesozoic strata of Gaoqing field, Jiyang depression, Journal of Petroleum Science and Engineering, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.03.034>.
- [5] Travis K. Redd, MD, MPH,1 N. Venkatesh Prajna, MD,2 Muthiah Srinivasan, MD,2 Prajna Lalitha, MD,2 Tiru Krishnan, MD,3 Revathi Rajaraman, MD,4 Anitha Venugopal, MD,5 Nisha Acharya, MD,6 Gerami D, 2022, Image-Based Differentiation of Bacterial and Fungal Keratitis Using Deep Convolutional Neural Networks, Ophthalmology Science Volume 2, Number 2, June 2022, <https://doi.org/10.1016/j.xops.2022.10011920>.
- [6] Anazawa, T, Motohiro Yamazaki, Shuhei Yamamoto, Ryoji Inaba, 2022, DNA sequencing using the RGB image sensor of a consumer digital color camera, Sensors and Actuators: B. Chemical, <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.131047>.
- [7] Tiwari. T, 2022, Active contour model-guided 3D NMF kidney segmentation from CT scans, International Journal of Mechanical Engineering, ISSN: 0974-5823 Vol. 7 No. 2 February, 2022, DOI : <https://doi.org/10.56452/7-2-555>.
- [8] Alhasan. M, Mohamed Hasaneen, 2021, Digital imaging, technologies and artificial intelligence applications during COVID-19 pandemic, Computerized Medical Imaging and Graphics, <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2021.101933>.
- [9] Garg. M., Gaurav Dhiman, 2020, A novel content-based image retrieval approach for classification using GLCM features and texture fused LBP variants, Neural Computing and Applications, <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05017-z>.
- [10] Singh. R, Noopur Gupta, M. Vanathi & Radhika Tandon, 2019, Corneal transplantation in the modern era, Indian J Med Res 150, July 2019, pp 7-22 DOI: 10.4103/ijmr.IJMR_141_19.
- [11] Fang Z., Kun Kuang, Yuxiao Lin, Fei Wu , Yu-Feng Yao, 2020, Concept-based Explanation for Fine-grained Images and Its Application in Infectious Keratitis Classification, ACM ISBN 978-1-4503-7988-5/20/10, ACM International

- Conference on Multimedia, <https://doi.org/10.1145/3394171.3413557>.
- [12] Alazawi. S. A, Narjis Mezaal Shati, Amel H. Abbas, 2019, Texture features extraction based on GLCM for face retrieval system, Periodicals of Engineering and Natural Sciences ISSN-2303-4521 Vol. 7, No. 3, October 2019, pp.1459-1467.
 - [13] Hung N., Andy Kuan-Yu Shih, Chihung Lin, 2021, Using Slit-Lamp Images for Deep Learning-Based Identification of Bacterial and Fungal Keratitis: Model Development and Validation with Different Convolutional Neural Networks, 11071246, diagnostics, <https://doi.org/10.3390/>.
 - [14] Hung N., Lung-KunYeh, David Hui-Kang Mam, 2020, Filamentous Fungal Keratitis in Taiwan: Based on Molecular Diagnosis, ISSN: 2164-2591, tvst arvojournals, <https://doi.org/10.1167/tvst.9.8.32>.
 - [15] Antonelli. M, Annika Reinke, Spyridon Bakas, Keyvan Farahani, Annette Kopp-Schneider, Bennett A. Landman, Geert Litjens, 2022, The Medical Segmentation Decathlon, Nature Communications, (2022) 13:4128 <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30695-9>.
 - [16] Ahammed. M., Md. Al Mamun b, Mohammad Shorif Uddin, 2022, A machine learning approach for skin disease detection and classification using image segmentation, 2772-4425, Elsevier Inc, Healthcare Analytics, <https://doi.org/10.1016/j.health.2022.100122>.
 - [17] Rahouma. KM, Shahenda Mahmoud Mabrouk, Mohamed Aouf, 2021, Lung Cancer Diagnosis Based on Chan-Vese Active Contour and Polynomial Neural Network, ScienceDirect, Procedia Computer Science 194 (2021) 22–31, 10.1016/j.procs.2021.10.056.
 - [18] Mayya, V., Prabal Datta Barua, Sowmya Kamath Shevgoor, Uma Kulkarni, Manali Hazarika, and U. Rajendra Acharya, 2021, Multi-Scale Convolutional Neural Network for Accurate Corneal Segmentation in Early Detection of Fungal Keratitis, J. Fungi 2021, 7, 850.<https://doi.org/10.3390/jof7100850>.
 - [19] Yasir. A, Welnof Satria, Putri Yuanda, 2023, Digital Image Processing Metode Median Filtering Dan Morfologi Opening Dalam Reduksi Noise Citra, Volume 17, Nomor 4:1687-1701 Oktober 2023|ISSN (P):1829-7463 \ ISSN (E):2716-3083.
 - [20] Xia DH., Shizhe Song, Lei Tao, 2020, Review-material degradation assessed Fundamentals,by digital image processing : progresses, and challenges, Journal of Materials Science & Technology, <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.04.033>.
 - [21] Ghosh, AK , MSc, Ratchainant Thammasudjarit, PhD, Passara Jongkhajornpong, MD, John Attia, MD, PhD, and Ammarin Thakkestian, PhD, 2022, Deep Learning for Discrimination Between Fungal Keratitis and Bacterial Keratitis: DeepKeratitis, Volume 41, Number 5, CLINICAL SCIENCE.
 - [22] Costea. C, Bogdan Gavrea, Mihaela Streza, Bogdan Belean, 2021, Edge-based Active Contours for Microarray Spot Segments, Science Direct Procedia Computer Science 192 (2021) 369–375, 10.1016/j.procs.2021.08.038.
 - [23] Sun. L, Xinchao Meng, Jiucheng Xu, and Yun Tian, 2020, An Image Segmentation Method Using an Active Contour Model Based on Improved SPF and LIF, Appl. Sci. 2018, 8, 2576; doi:10.3390/app8122576.