

SEGMENTASI CITRA NUKLEUS SEL KANKER SERVIKS MENGUNAKAN *OTSU THRESHOLDING* DAN MORFOLOGI CLOSING

Rifa Fadhila Nugrohputri¹, Anita Desiani²,
Yogi Wahyudi³, Muhammad Gibran Al-Filambany⁴, Susanto Susanto⁵, Sri Indra Maiyanti⁶
^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sriwijaya
e-mail: anita_desiani@unsri.ac.id

Abstrak

Kanker serviks dapat disembuhkan jika kelainan dan gejalanya dapat terdeteksi sedini mungkin. Pekerjaan diagnosa manual membutuhkan banyak waktu dan teknisi sitologi yang terampil. Sistem pengelolaan citra medis ini diharapkan dapat mengurangi faktor-faktor subjektivitas dan kesalahan diagnosa kanker serviks. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Otsu Thresholding* dan Morfologi Closing. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu preprocessing dan dilanjutkan dengan segmentasi menggunakan metode yang diusulkan. Penelitian diukur menggunakan parameter yang terlibat untuk mengukur kinerja pendekatan yang diusulkan berdasarkan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, F1-Score, dan IoU. Hasil penelitian dari 20 sampel gambar menunjukkan rata-rata metode yang diusulkan, yaitu *Otsu Thresholding* dan Morfologi Closing mampu melakukan perbaikan citra dan segmentasi citra nukleus sel kanker serviks dengan akurasi sebesar 0.8969, sensitivitas sebesar 0.8806, spesifisitas 0.9954, F1-Skor 0.9293, dan IoU sebesar 0.8740. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *Otsu Thresholding* dan Morfologi Closing mampu menghasilkan perbaikan citra dan segmentasi nukleus sel kanker serviks dengan lebih baik dibandingkan dengan metode-metode lainnya dari penelitian lain.

Kata kunci: Kanker Serviks, Perbaikan Citra, Segmentasi, *Otsu Thresholding*, Morfologi Closing

Abstract

Cervical cancer can be cured if the abnormalities and the symptoms can be detected as early as possible. Manual diagnostic requires a lot of time and skilled cytology technician. It is expected that this medical image management system can reduce the subjective factors and misdiagnoses of cervical cancer. This study uses *Otsu Thresholding* segmentation method and Morphology Closing. This research was performed by stages, first preprocessing and followed by segmentation using the proposed method. The study was measured using the parameters involved to measure the performance of the proposed approach based on accuracy, sensitivity, specificity, F1-Score, and IoU. The results of the 20 sample images showed that the average method proposed, namely *Otsu Thresholding* and Morphology Closing was able to improve the image and segmentation of cervical cancer cell nucleus images with accuracy of 0.8969, sensitivity of 0.8806, specificity of 0.9954, F1-Score of 0.9293, and IoU. of 0.8740. This study concludes that *Otsu Thresholding* and Closing Morphology methods are able to construct image improvements and segmentation of cervical cancer cell nuclei better than other methods from other studies.

Keywords: Cervical Cancer, Improving Image Quality, Segmentation, *Otsu Thresholding*, Closing Morphology

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan tumor ganas di bagian dalam serviks wanita bisa disebut dengan kanker serviks. Pemeriksaan atau diagnosa kanker serviks ini dapat dilakukan dengan beberapa jenis pemeriksaan laboratorium, salah satunya pemeriksaan dengan cara menganalisis perubahan bentuk sel yang diambil dari permukaan leher rahim yang disebut dengan pemeriksaan *pap smear* [1]. Jika perubahan bentuk sel ini dapat dideteksi

dan diidentifikasi sedini mungkin dapat memperbesar probabilitas kanker serviks dapat disembuhkan. Proses pendeteksian dan identifikasi kanker serviks sebaiknya dilakukan pada setiap wanita yang berusia 18 tahun atau lebih dan pada wanita yang aktif secara seksual walaupun tidak memiliki dan merasakan gejala-gejala kanker [2]. Pekerjaan diagnosa manual menggunakan *slide* kaca yang dapat memuat hingga 300.000 sel dianalisis dan ditinjau menggunakan mikroskop memakan waktu dan teknisi sitologi yang terampil. Faktor-faktor subjektivitas saat diagnosa kanker serviks secara manual yang menyebabkan kesalahan diagnosa kanker serviks diharapkan dapat dikurangi dengan memanfaatkan sistem pengolahan citra medis [3].

Adapun penelitian ini berfokus untuk melakukan segmentasi pada citra nukleus sel kanker serviks dengan cara mengolah gambar asli menjadi objek regional yang bertujuan untuk mengenali bentuk nukleus sel kanker serviks, semakin baik bentuk objek dikenali, maka semakin tinggi pula nilai evaluasi yang diperoleh. Tujuan dari pengolahan citra digital dalam ilmu komputer adalah untuk memartisi bagian-bagian gambar menjadi beberapa wilayah atau kelompok sesuai dengan karakteristiknya seperti warna, bentuk, tekstur, dan intensitas cahaya, sehingga wilayah yang ingin diteliti dan latar belakang tidak tumpang tindih [4]. Hasil dari segmentasi citra medis harus semakin akurat karena ketidakakuratan hasil segmentasi citra dapat mempengaruhi proses penelitian selanjutnya dan dapat menyebabkan kesalahan diagnosa.

R. S. D. Wijaya, Adiwijaya et al. pada tahun 2016 melakukan penelitian segmentasi citra kanker serviks menggunakan metode *Markov Random Field* dengan tiga eksperimen *preprocessing*, yang pertama menggunakan kanal RGB tanpa *low pass filter*, yang kedua menggunakan kanal RGB dengan *low pass filter*, dan yang ketiga menggunakan *grayscale* dengan *low pass filter* namun, ketiga eksperimen tersebut masih memperoleh hasil akurasi di bawah 76% serta tanpa menghitung ukuran kinerja evaluasi lainnya [5]. Penelitian lain dilakukan oleh N. P. Husain dan C. Fatichah pada tahun 2017 melakukan penelitian serupa membandingkan dua metode, yaitu metode *Radiating Component Normalized Generalized Gradient & Fuzzy C-Means Non-Local Spatial* dengan *Component Normalized Generalized Gradient Vector Flow Snake & Fuzzy C-Means Non-Local*. Hasil akurasi segmentasi dari dua metode tersebut sudah cukup baik yaitu di atas 93% namun, penelitian ini tidak menghitung ukuran kinerja evaluasi lainnya [6]. Penelitian segmentasi citra nukleus kanker serviks lainnya dilakukan oleh Ashok, B dan Aruna, P pada tahun 2016 menggunakan metode *Multi-Thresholding* dengan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang sudah cukup baik yaitu di atas 90% namun, penelitian ini tidak mengukur kinerja evaluasi *F1 Score* dan nilai evaluasi IoU (*Intersection over Union*) [7]. Penelitian segmentasi citra nukleus kanker serviks lainnya dilakukan oleh A. Desiani et al pada tahun 2021 menggunakan metode yang diukur dengan mengukur kinerja evaluasi yang lengkap namun, nilai evaluasi akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F1 Score* masih di bawah 80%. Penelitian ini juga tidak mengukur kinerja evaluasi IoU [8].

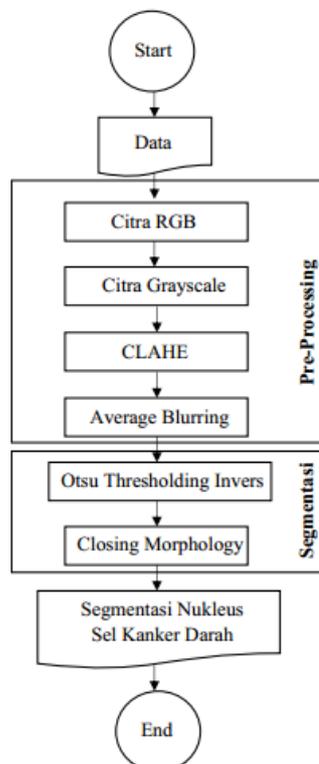
Metode yang diusulkan adalah Metode *Otsu Thresholding* yang merupakan metode segmentasi dan perbaikan kualitas citra yang dianggap cukup akurat dalam mendapatkan hasil segmentasi dari obyek karena citra digital *grayscale* merubah citra menjadi warna hitam dan putih berdasarkan perbandingan otomatis dari nilai warna piksel citra tersebut dengan nilai ambang [9]. S. I. Syafi'i, R. T. et al pada tahun 2018 melakukan penelitian segmentasi obyek pada citra digital menggunakan metode *Otsu Thresholding* dengan membandingkan tiga skenario berbeda dengan mengubah nilai ambang pada *noise removal*. Penelitian ini menunjukkan nilai evaluasi akurasi sebesar 100% pada dua

skenario dan skenario lainnya menunjukkan nilai evaluasi akurasi sebesar 93,33% [9]. Penelitian yang menggunakan metode *Otsu Thresholding* lainnya dilakukan oleh A.Akagic et al pada tahun 2018 yang melakukan segmentasi pada citra digital retakan pada trotoar. Penelitian tersebut memperoleh hasil yang sangat baik dengan menunjukkan nilai evaluasi spesifisitas sebesar 98.89% dan nilai akurasi sebesar 97.13% [10].

Setelahnya, segmentasi dilanjutkan dengan menggunakan Morfologi *Closing* dengan tujuan untuk mengisi kekosongan-kekosongan kecil pada citra dan menggabungkan beberapa objek yang berdekatan dengan menggunakan Teknik untuk mengolok struktur geometris citra berdasarkan teori himpunan [11]. Y. Triwidyastuti dan E. Rahmawati pada tahun 2017 melakukan penelitian segmentasi obyek pada citra digital Fundus menggunakan metode Morfologi *Closing* yang menunjukkan nilai evaluasi yang sangat baik dengan nilai akurasi sebesar 92.31% dan nilai evaluasi spesifisitas sebesar 96.89% [11]. Menurut R. Setyawan, M. et al pada tahun 2018 melalui penelitiannya membuktikan bahwa morfologi ini dapat meningkatkan akurasi segmentasi [12].

Berdasarkan kelebihan dari *Otsu Thresholding*, kelebihan Morfologi *Closing*, dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini akan untuk melakukan segmentasi nukleus pada citra *pap smear* menggunakan kombinasi *Otsu Thresholding* dan Morfologi *Closing* dengan mengukur kinerja nilai evaluasi akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1 Score*, dan IoU untuk mengetahui apakah model yang diusulkan memiliki performa segmentasi yang lebih baik dari model-model pada penelitian-penelitian sebelumnya untuk mengurangi faktor subjektivitas diagnosa kanker serviks pada citra *pap smear*.

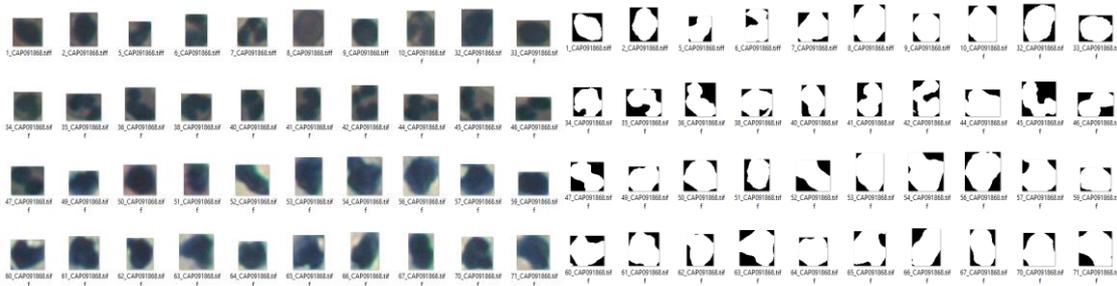
2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir program segmentasi menggunakan metode Thresholding

Dalam penelitian ini, diawali dengan memuat citra nukleus sel kanker serviks untuk diproses pada proses segmentasi dan citra biner hasil pengamat kanker serviks untuk dijadikan dasar pengujian kinerja program segmentasi. Selanjutnya, hasil dari pengujian kinerja akan diinterpretasi dan diambil kesimpulan penelitian seperti yang telah diilustrasikan pada Gambar 1.

Pengumpulan dan Deskripsi Data



Gambar 2. Citra asli dan *ground truth* dataset

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah nukleus sel kanker serviks yang diperoleh dari website <https://zenodo.org/record/1409790> dari Brasil dan telah diakui oleh CEP (*Comitê de Ética em Pesquisa de Campinas*). Terdapat 256 gambar di dalam dataset tersebut, 128 gambar dikelompokkan dan dinamai sebagai *training* dan 128 gambar lainnya dinamai sebagai *testing*. Dataset ini juga menyediakan hasil analisis ahli sebelumnya yang digunakan sebagai *ground truth* dalam penelitian untuk digunakan sebagai dasar pengujian keakuratan dan kinerja metode dalam program. Beberapa data gambar dapat dilihat pada Gambar 2.

Preprocessing

Preprocessing untuk menghilangkan *noise* dan meningkatkan kualitas gambar. *Preprocessing* melibatkan peningkatan kualitas citra, ekstraksi latar belakang citra, dan definisi wilayah pada citra[13]. Keseluruhan proses yang dilakukan pada tahap ini dijelaskan sebagai berikut:

1. RGB

Dalam penelitian ini, *input* citra yang digunakan berformat BGR, sehingga tipe data harus diubah menjadi RGB (*Red, Green, Blue*). Konversi format gambar ini perlu dilakukan karena program memuat gambar dalam format BGR sedangkan untuk melakukan operasi *OpenCV* diperlukan format RGB[14].

2. Grayscale

Pengambilan *grayscale* merupakan proses awal yang dilakukan pada sebuah citra nukleus sel kanker serviks dengan cara mengambil *grayscale* dari citra tersebut yang selanjutnya akan digunakan untuk proses segmentasi, dengan kata lain nilai *channel red = green = blue*. Tujuannya untuk mendapatkan citra yang menampilkan bentuk nukleus sel kanker serviks dengan jelas. *Grayscale* dipilih karena menghasilkan citra yang paling baik. Menurut M. Xia, X. Liu, dan T. T. Wong tahun 2018, *grayscale* sangat akurat mewakili warna-warna pada citra sehingga sangat cocok dalam meningkatkan definisi wilayah pada citra [15].

3. CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*)

Metode CLAHE merupakan sebuah teknik untuk meningkatkan kontras dan mengatasi tidak ratanya warna pada suatu citra di mana tujuannya dalam proses

segmentasi untuk memperbaiki kualitas citra. CLAHE dapat meningkatkan kontras rendah citra khususnya untuk citra medis [16]. Proses perhitungan CLAHE menggunakan limit klip dari histogram, di mana *clim* limit dihitung menggunakan persamaan (1) [8].

$$\beta = \frac{M}{N} \left(1 + \frac{\alpha}{100} (S_{\max} - 1) \right) \quad (1)$$

Keterangan:

M = Ukuran wilayah

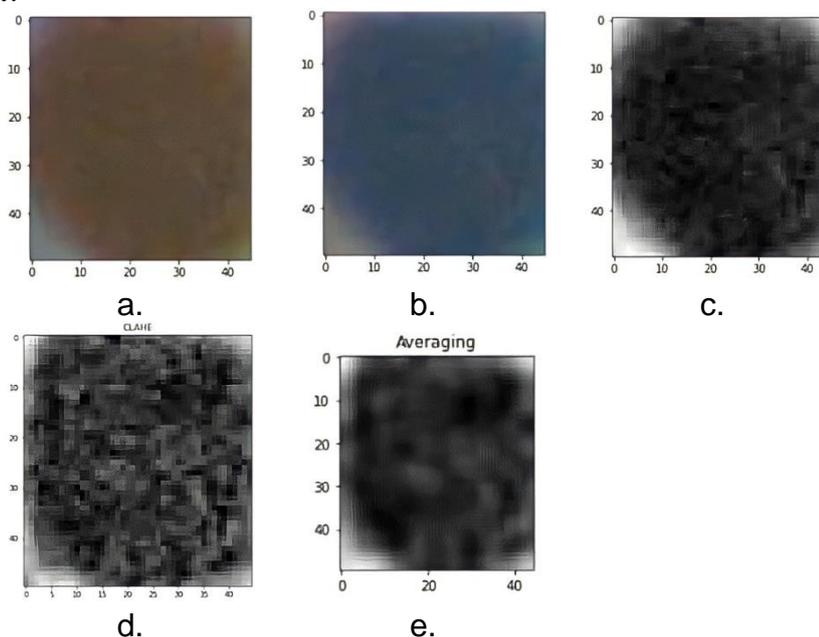
N = Jumlah nilai *grayscale*

α = Faktor klip dalam presentasi

S_{\max} = Limit kemiringan dari fungsi transformasi dengan interval [0-100]

4. Average Blurring

Metode *Average Blurring* untuk menghilangkan *noise* pada sebuah gambar dengan menghitung rata-rata piksel di bawah kernel dan mengganti nilai dai *central pixel*.



Gambar 3. (a) Citra nukelus sel kanker serviks (b) Hasil perubahan tipe citra menjadi RGB (c) Hasil citra *Grayscale* (d) Hasil peningkatan kontras dengan metode CLAHE (e) Hasil penghilangan *noise* dengan metode *Average Blurring*

Segmentasi

Segmentasi dilakukan untuk mendapatkan bentuk nukleus sel kanker serviks dengan jelas dan memisahkan bentuk nukleus dari objek lainnya. Keseluruhan proses yang dilakukan pada langkah ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Otsu Thresholding

Metode *Otsu Thresholding* merupakan metode yang menganalisis diskriminan untuk menentukan suatu variabel sehingga dapat membedakan beberapa kelompok yang muncul secara alami dengan membagi nilai histogram citra ke dalam dua daerah yang berbeda untuk memasukkan nilai ambang secara otomatis. Dengan menggunakan metode ini, daerah target yang disegmentasi dan latar belakang dapat diklasifikasikan berdasarkan estimasi iterasi pertama dari metode *Gauss Newton* [17]. Pemisahan objek dengan latar belakang dengan analisis diskriminan akan memaksimalkan variabel yang dipilih tersebut menggunakan persamaan (2) [4].

$$P(i) = \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

Keterangan:

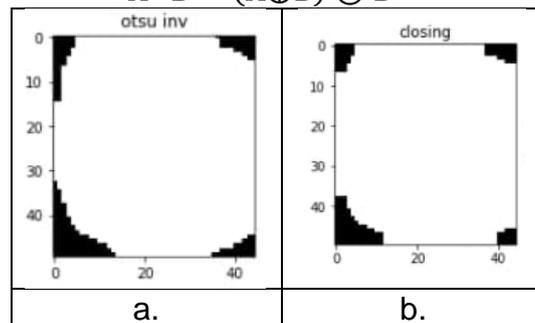
n_i = Jumlah *pixel* berintensitas i

N = Jumlah semua *pixel* dalam citra

2. Morfologi *Closing*

Matematika morfologi adalah teknik untuk mengolah struktur geometris citra berdasarkan teori matematika himpunan [11]. Himpunan dalam matematika morfologi mewakili objek-objek yang ada di dalam sebuah citra digital. Dalam metode matematika morfologi, sebuah *Structuring Element* (SE) adalah bentuk yang berfungsi untuk memeriksa kecocokan (*fits*) atau ketidakcocokan (*miss*) dengan bentuk dalam citra digital. Informasi yang akan diperoleh dapat dipengaruhi secara khusus oleh pilihan tertentu SE dalam suatu operasi morfologi. Bentuk dan ukuran adalah karakteristik utama yang secara langsung berkaitan dengan SE. Morfologi *Closing* dilakukan untuk mengisi kekosongan-kekosongan kecil pada citra dan menggabungkan objek yang saling berdekatan dengan cara melakukan dilasi selanjutnya dilakukan operasi erosi [11]. Operasi Morfologi *Closing* merupakan hasil operasi dilasi yang diikuti dengan operasi erosi (3) [11].

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3)$$



Gambar 4. (a) Hasil segmentasi dengan metode *Otsu Thresholding* (b) Hasil operasi morfologi dengan metode morfologi *closing*

Evaluasi Kinerja

Setelah dilakukan segmentasi, nukleus sel kanker serviks divalidasi dan dievaluasi dengan membandingkannya dengan gambar *ground truth* yang telah ditunjukkan pada gambar. Beberapa parameter klasifikasi sedang dipertimbangkan dan dihitung, yaitu *True Negative* (TN), *True Positive* (TP), *False Negative* (FN), dan *False Positive* (FP). Setelah itu, parameter yang terlibat untuk mengukur kinerja pendekatan yang diusulkan berdasarkan akurasi (rasio prediksi benar dengan keseluruhan data), sensitivitas (membandingkan rasio prediksi benar positif dengan keseluruhan data yang benar positif), spesifisitas (membandingkan kebenaran memprediksi negatif dengan keseluruhan data negatif), *F1 Score* (membandingkan rata-rata presisi dengan sensitivitas yang dibobotkan), dan *IoU* atau *Intersection Over Union* (algoritma perhitungan kemiripan dua objek). Pada penelitian ini, untuk menghitung evaluasi kinerja dilakukan perbandingan dengan gambar *ground truth* sebanyak 20 gambar untuk masing-masing metode.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil segmentasi dengan metode *Otsu Thresholding* dan Morfologi *Closing* yang telah dilakukan, maka didapatkan perhitungan uji evaluasi kinerja program

segmentasi dengan 20 sampel nukleus sel kanker serviks dengan metode *Otsu Thresholding* dan Morfologi Closing menggunakan perhitungan parameter di atas, maka hasilnya sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan hasil segmentasi dengan *ground truth*

<i>Ground Truth</i>	<i>Hasil Segmentasi</i>	Akurasi	Sensitifitas	Spesifisitas	<i>F1 Score</i>	IoU
		0.8806	0.8720	0.9983	0.9314	0.8717
		0.9177	0.8879	0.9947	0.9396	0.8861
		0.9400	0.9241	0.9685	0.9518	0.9081
		0.8030	0.7949	0.8950	0.8812	0.7877
		0.8583	0.8632	0.8459	0.8973	0.8973
		0.8855	0.8593	0.9655	0.9187	0.8497
		0.8915	0.8339	0.9819	0.9038	0.8245
		0.8991	0.8791	0.9698	0.9314	0.8717

	0.8742	0.8359	0.9933	0.9095	0.8341
	0.9311	0.9179	0.9926	0.9564	0.9165
	0.9675	0.9663	0.9763	0.9813	0.9633
	0.9638	0.9677	0.9295	0.9796	0.9601
	0.9777	0.9815	0.9172	0.9881	0.9765
	0.8920	0.9014	0.8602	0.9289	0.8657
	0.9066	0.9348	0.8364	0.9346	0.8772
	0.7722	0.7269	1.0000	0.8418	0.7269
	0.8951	0.8554	0.9974	0.9215	0.8545
	0.8923	0.8720	0.9983	0.9314	0.8717

	0.8692	0.8400	0.9862	0.9113	0.8371
	0.9203	0.8987	1.0000	0.9466	0.8987

Berdasarkan tabel 1 dan hasil evaluasi sistem yang diusulkan, didapatkan rata-rata akurasi sebesar 0.8969 yang berarti program memiliki rasio prediksi keseluruhan dengan benar sebesar 89%, sensitivitas sebesar 0.8806 yang berarti program memiliki rasio memprediksi wilayah nukelus sebesar 88%, spesifisitas 0.9554 yang berarti program memiliki rasio memprediksi wilayah sitoplasma atau background sebesar 95%, F1-Skor 0.9293 yang mengidentifikasi bahwa model memiliki presisi dan spesifisitas yang baik, serta IoU sebesar 0.8740 menunjukkan kemampuan prediksi area yang tumpang tindih sebesar 87%.

Tabel 2. Perbandingan hasil segmentasi dengan metode yang diusulkan dengan metode dalam penelitian lain dengan objek penelitian sejenis

Metode	Rata-rata hasil pengujian dengan sampel data				
	Akurasi	Sensitifitas	Spesifisitas	F1 Score	IoU
<i>Markov Random Field</i> [5]	75.76%	-	-	-	-
<i>Radiating Component Normalized Generalized Gradient & Fuzzy C-Means Non-Local Spatial</i> [6]	95.34%	-	-	-	-
<i>Component Normalized Generalized Gradient Vector Flow Snake & Fuzzy C-Means Non-Local</i> [6]	93.41%	-	-	-	-
<i>Multi-Thresholding</i> [7]	98.5%	98%	97.5%	-	-

Arsitektur <i>Bi-Path</i> dari CNN [8]	77%	72%	71%	69%	-
<i>Otsu Thresholding</i> dan Morfologi <i>Closing</i> (<i>proposed</i>)	89%	88%	95%	92%	87%

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa segmentasi nukleus kanker serviks menggunakan metode *Otsu Thresholding* dan Morfologi *Closing* memperoleh hasil *F1 Score* dan IoU yang lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya. Sedangkan nilai evaluasi kinerja yang lain masih di bawah penelitian lainnya namun, sudah cukup baik berdasarkan nilai yang dihasilkan di atas 88%.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, segmentasi nukleus sel kanker serviks menggunakan metode yang diusulkan, yaitu *Otsu Thresholding* dan Morfologi *Closing* yang mampu melakukan segmentasi nukleus sel kanker serviks dengan akurasi sebesar 0.8969, sensitivitas sebesar 0.8806, spesifisitas 0.9954, *F1 Score* 0.9293, dan IoU sebesar 0.8740. Dari perbandingan tersebut berdasarkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, *F1 Score*, dan IoU menunjukkan bahwa metode *Otsu Thresholding* dan Morfologi *Closing* mampu melakukan segmentasi nukleus sel kanker serviks yang cukup dibandingkan dengan metode dari penelitian sebelumnya.

REFERENSI

- [1] Y. Kusumawati, R. W. Nugrahaningtyas, and E. N. Rahmawati, "Pengetahuan, Deteksi Dini dan Vaksinasi HPV sebagai Faktor Pencegah Kanker Serviks di Kabupaten Sukoharjo," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 11, no. 2, p. 204, 2016, doi: 10.15294/kemas.v11i2.4208.
- [2] S. Syaiful, F. L. Tarigan, and F. Zuska, "Skrining Kanker Serviks Dengan Pemeriksaan Pap Smear Pada Profesi Bidan Di Rumah Sakit Tk Ii Putri Hijau Medan Tahun 2017," *J. Ris. Hesti Medan Akper Kesdam I/BB Medan*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2018, doi: 10.34008/jurhesti.v3i2.34.
- [3] R. Rahmadwati, "Sistem Diagnosis Kanker Servik Berdasarkan Karakteristik Morfologi," *J. EECCIS*, vol. 7, no. 2, p. pp.191-196, 2013.
- [4] A. B. Prasetio, Irwanto, M. Y. Sobari, and B. Anwar, "Implementasi Segmentasi Citra Dengan Metode Threshold Pada Pengolahan Citra Digital Tanaman Beracun Di Indonesia," *J. Inform. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 2–5, 2016.
- [5] R. S. D. Wijaya, Adiwijaya, Andriyan B Suksmono, and Tati LR Mengko, "Segmentasi Citra Kanker Serviks Menggunakan Markov Random Field dan Algoritma K-Means," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 1, pp. 139–147, 2021, doi: 10.29207/resti.v5i1.2816.
- [6] N. P. Husain and C. Fatichah, "Segmentasi Citra Sel Tunggal Smear Serviks Menggunakan Radiating Component Normalized Generalized GVFS," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, 2017, doi: 10.22146/jnteti.v6i1.301.
- [7] B. Ashok and P. Aruna, "Comparison of Feature selection methods for diagnosis of cervical cancer using SVM classifier," vol. 6, no. 1, pp. 94–99, 2016.
- [8] A. Desiani, M. Erwin, B. Suprihatin, S. Yahdin, A. I. Putri, and F. R. Husein,

- “Bi-path Architecture of CNN Segmentation and Classification Method for Cervical Cancer Disorders Based on Pap-smear Images,” *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 48, no. 3, pp. 1–9, 2021.
- [9] S. I. Syafi'i, R. T. Wahyuningrum, and A. Muntasa, “Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding,” *J. Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2016, doi: 10.9744/informatika.13.1.1-8.
- [10] A. Akagic, E. Buza, S. Omanovic, and A. Karabegovic, “Pavement crack detection using Otsu thresholding for image segmentation,” *2018 41st Int. Conv. Inf. Commun. Technol. Electron. Microelectron. MIPRO 2018 - Proc.*, no. May, pp. 1092–1097, 2018, doi: 10.23919/MIPRO.2018.8400199.
- [11] Y. Triwidyastuti and E. Rahmawati, “Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Fundus Menggunakan Metode Morfologi,” *J. Ilm. LINK*, vol. 26, no. 1, pp. 29–34, 2017.
- [12] R. Setyawan, M. A. Almahfud, C. A. Sari, D. R. I. M. Setiadi, and E. H. Rachmawanto, “MRI Image Segmentation using Morphological Enhancement and Noise Removal based on Fuzzy C-means,” *Proc. - 2018 5th Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. ICITACEE 2018*, pp. 99–104, 2018, doi: 10.1109/ICITACEE.2018.8576941.
- [13] W. William, A. Ware, A. H. Basaza-Ejiri, and J. Obungoloch, “A review of image analysis and machine learning techniques for automated cervical cancer screening from pap-smear images,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 164, pp. 15–22, 2018, doi: 10.1016/j.cmpb.2018.05.034.
- [14] S. Saleem, J. Shiney, B. Priestly Shan, and V. Kumar Mishra, “Face recognition using facial features,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.402.
- [15] M. Xia, X. Liu, and T. T. Wong, “Invertible Grayscale,” *SIGGRAPH Asia 2018 Tech. Pap. SIGGRAPH Asia 2018*, vol. 37, no. 6, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1145/3272127.3275080.
- [16] Sonali, S. Sahu, A. K. Singh, S. P. Ghrrera, and M. Elhoseny, “An approach for de-noising and contrast enhancement of retinal fundus image using CLAHE,” *Opt. Laser Technol.*, vol. 110, pp. 87–98, 2019, doi: 10.1016/j.optlastec.2018.06.061.
- [17] A. K. Khambampati, D. Liu, S. K. Konki, and K. Y. Kim, “An Automatic Detection of the ROI Using Otsu Thresholding in Nonlinear Difference EIT Imaging,” *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 12, pp. 5133–5142, 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2828312.