

**SEGMENTASI NUKLEUS KANKER SERVIKS PADA CITRA
PAP SMEAR DENGAN MENGGUNAKAN
U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di
Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA**

Oleh:

SUSANTO

08011281722050



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**SEGMENTASI NUKLEUS KANKER SERVIKS PADA CITRA
PAP SMEAR DENGAN MENGGUNAKAN
U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di
Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA

Oleh :

SUSANTO

NIM. 08011281722050

Pembimbing Kedua



Irmeilyana, M.Si
NIP. 19740517 199903 2 003

Indralaya, November 2021
Pembimbing Utama



Anita Desiani, M.Kom
NIP. 19771211 200312 2 002



HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(QS. Al Insyirah: 6-7)

“Banyak orang gagal dalam kehidupan, bukan karena kurangnya kemampuan, pengetahuan, atau keberanian, namun hanya karena mereka tidak pernah mengatur energinya pada sasaran”

(Elbert Hubbard)

Skripsi ini Kupersembahkan Kepada :

- Allah SWT
- Kedua Orangtuaku
- Saudaraku
- Seluruh Keluargaku
- Teman-teman seperjuanganku
- Almamaterku

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Segmentasi Nukleus Kanker Serviks pada Citra *Pap Smear* dengan Menggunakan *U-Net Convolutional Neural Network (CNN)*”** dengan baik. Shalawat serta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan semua pengikutnya hingga akhir zaman. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini bukanlah akhir dari proses pembelajaran, melainkan awal dari proses belajar selanjutnya.

Selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dan dorongan dari beberapa pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga dan penghargaan kepada:

1. Keluarga besar yang telah memberikan dukungan berharga berupa cinta, kasih sayang, didikan, nasihat, motivasi, do'a, serta material yang tidak pernah hentinya kepada penulis.
2. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika dan Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika atas ilmu dan bantuan yang diberikan di Jurusan Matematika.

3. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu **Irmeilyana, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, saran, kesabaran, dan motivasi yang sangat berarti dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak **Drs. Putra B.J Bangun, M.Si** dan Ibu **Des Alwine Zayanti, M.Si** selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan tanggapan, saran, serta masukan kepada penulis agar skripsi ini dapat diselesaikan lebih baik.
5. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya** atas ilmu yang telah diberikan.
6. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku Pegawai tata usaha Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
7. Teman-teman satu angkatan 2017, kakak-kakak tingkat angkatan 2016, dan adik-adik tingkat angkatan 2016.
8. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, serta Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas bantuan biaya selama penulis melakukan penelitian

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membutuhkan dan berguna dalam menambah pengetahuan dan wawasan.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Indralaya, November 2021

Penulis

SEGMENTATION OF CERVICAL CANCER NUCLEUS IN *PAP SMEAR* IMAGES USING *U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

By :

Susanto
08011281722050

ABSTRACT

Pap smear image from Zenodo dataset consists of nucleus and cytoplasm. The nucleus is the most important element in the cell and undergoes significant changes in the event of cervical cancer. To prevent cervical cancer in women, early detection of nucleus abnormalities can be done, one of which is by separating the nucleus and non-nucleus in the image. To get the features of the nucleus, a segmentation process is needed. The purpose of this study was to determine the performance results of the CNN U-Net architecture on nucleus segmentation. The measures used for the performance of the model are accuracy, sensitivity, specificity, and F-measure. The Zenodo dataset used is 184 data which can be divided into 98 training data, 25 validation data, and 61 testing data. The method used in this research consists of data collection, architecture implementation, training, testing, and evaluation. The results of the U-Net CNN architecture performance in the nucleus segmentation process are accuracy of 91.39%, the sensitivity of 97.02%, specificity of 73.47%, and F-measure of 94.49%. Based on these results, it can be concluded that the U-Net architecture has succeeded in segmenting the nucleus and predicting non-nucleus (background) pixels very well, this is indicated by the accuracy, sensitivity, and F-measure values above 90%, although the specificity value is between 70 % and 80% are quite good in segmenting pap smear images.

Keywords: Images, Segmentation, Cancer Cervical, Nucleus, U-Net

SEGMENTASI NUKLEUS KANKER SERVIKS PADA CITRA *PAP SMEAR* MENGGUNAKAN *U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Oleh :

Susanto
08011281722050

ABSTRAK

Citra *pap smear* yang berasal dari dataset Zenodo terdiri dari nukleus dan sitoplasma. Bagian nukleus merupakan unsur terpenting pada sel dan mengalami perubahan yang signifikan jika terjadi penyakit kanker serviks. Untuk mencegah terjadinya penyakit kanker serviks pada wanita dapat dilakukan dengan deteksi dini pada kelainan nukleus, salah satunya dengan memisahkan nukleus dan bukan nukleus pada citra. Untuk mendapatkan fitur nukleus dibutuhkan proses segmentasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil kinerja arsitektur *U-Net* CNN pada segmentasi nukleus. Ukuran yang digunakan untuk kinerja model tersebut yaitu akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F-measure*. Dataset zenodo yang digunakan terdapat 184 data yang dapat dibagi menjadi 98 data latih, 25 data validasi, dan 61 data uji. Metode yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari pengumpulan data, implementasi arsitektur, *training*, *testing*, dan evaluasi. Hasil kinerja arsitektur *U-Net* CNN pada proses segmentasi nukleus yaitu akurasi 91,39%, sensitivitas 97,02%, spesifisitas 73,47%, dan *F-measure* 94,49%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa arsitektur *U-Net* telah berhasil melakukan segmentasi nukleus dan memprediksi piksel bukan nukleus (*background*) dengan sangat baik, hal ini ditunjukkan oleh nilai akurasi, sensitivitas, dan *F-measure* diatas 90%, meskipun nilai spesifisitas diantara 70% dan 80% tergolong cukup baik dalam melakukan segmentasi citra *pap smear*.

Kata Kunci: Citra, Segmentasi, Kanker Serviks, Nukleus, *U-Net*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRACT.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Nukleus Kanker Serviks	5
2.2 Citra	5
2.3 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	7
2.4 <i>U-Net</i>	16
2.5 <i>Confusion Matrix</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat.....	20
3.2 Waktu	20
3.3 Alat	20
3.4 Metode Penelitian	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Deskripsi Data	25
4.2 Implementasi model CNN berbasis arsitektur <i>U-Net</i>	25
4.2.1 Jalur <i>encode</i>	26

4.2.2	Jalur decode.....	36
4.3	<i>Training</i> data	42
4.4	<i>Testing</i> data.....	47
4.5	Evaluasi	50
4.6	Analisis dan Interpretasi Hasil	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Confusion Matrix</i>	18
Tabel 2.2 Kategori pada kinerja model	19
Tabel 4.1 Sampel Citra asli nukleus kanker serviks pada citra <i>pap smear</i>	25
Tabel 4.2 Hasil segmentasi 61 citra nukleus kanker serviks pada data uji	47
Tabel 4.3 <i>Confusion Matrix</i> hasil segmentasi pada citra data uji	49
Tabel 4.4 Hasil kinerja model pada 61 citra dari data uji	52
Tabel 4.5 Perbandingan metode yang digunakan dengan metode penelitian lain	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh citra <i>pap smear</i> dengan nomor file 1_CAP091868.tiff dan 9_CAP091868.tiff	5
Gambar 2.2 Kombinasi tiga warna citra RGB setiap posisi piksel 4×4	7
Gambar 2.3 Ilustrasi <i>convolutional layer</i>	9
Gambar 2.4 Representasi fungsi aktivasi ReLU	11
Gambar 2.5 Representasi <i>max pooling</i>	13
Gambar 2.6 Ilustrasi <i>Transposed Convolution</i> dengan matriks kernel 2×2	14
Gambar 2.7 Ilustrasi <i>concatenate layer</i>	15
Gambar 2.8 Struktur arsitektur <i>U-Net CNN</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir tahapan-tahapan penelitian	24
Gambar 4.1 Model arsitektur <i>U-Net CNN</i>	26
Gambar 4.2 Proses <i>padding same</i>	27
Gambar 4.3 Proses <i>max pooling</i> 2×2 dengan <i>stride</i> 1.....	35
Gambar 4.4 Proses <i>concatenate</i> matriks R dan matriks F_{out}	39
Gambar 4.5 Hasil beberapa proses <i>training</i> data pada model arsitektur <i>U-Net</i>	44
Gambar 4.6 Grafik akurasi model selama proses <i>training</i> data.....	45
Gambar 4.7 Grafik <i>loss</i> pada <i>training</i> data untuk 100 <i>epoch</i>	46
Gambar 4.8 Grafik kurva ROC hasil segmentasi pada data uji	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker serviks merupakan salah satu jenis kanker nomor empat yang paling sering terjadi pada wanita dan mematikan. Penyakit kanker serviks di Indonesia menempati urutan kedua setelah penyakit kanker payudara. Angka kejadian kasus baru kanker serviks untuk wanita di Indonesia berkisar 36.663 kasus dengan angka kematian 21.003 (World Health Organization, 2021). Deteksi dini kanker serviks dapat mencegah atau menunda perkembangan kelainan serviks menjadi invasif (Ernawati et al., 2021). Dalam deteksi dini kanker serviks dapat menggunakan skrining citra *pap smear*. Namun, masalah skrining kanker pada citra *pap smear* sebagian besar terhalang oleh pewarnaan sel yang tidak tepat dan citra sel yang tumpang tindih (Bandyopadhyay & Nasipuri, 2020). Analisis yang dilakukan melibatkan tenaga kerja yang banyak untuk memeriksa ratusan citra *pap smear* sehingga membutuhkan waktu yang lama (Somasundaram et al., 2020). Hal ini diperlukan segmentasi citra menggunakan komputer untuk mengatasi permasalahan tersebut dalam membantu praktisi medis.

Segmentasi citra merupakan suatu proses pengolahan citra yang bertujuan untuk memisahkan area objek dengan area latar belakang agar objek tersebut dapat mudah dianalisis (Wang et al., 2020). Segmentasi pada penyakit kanker serviks menggunakan dataset sel serviks untuk dianalisis (Nikolic et al., 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Taneja et al. (2018) segmentasi nukleus

lebih unggul dibandingkan dengan segmentasi sitoplasma. Selain itu, menurut Chen et al. (2020) bagian nukleus merupakan hal paling penting untuk dipisahkan pada segmentasi citra *pap smear* dibandingkan dengan fitur-fitur yang lain.

Beberapa metode telah banyak digunakan untuk melakukan segmentasi citra *pap smear*, diantaranya Zhang et al. (2014) telah menggunakan metode *Global and Local Graph Cuts* dengan hasil sensitivitas dan *F-measure* berturut-turut sebesar 87% dan 89%. Tetapi, pada penelitian ini tidak memperhitungkan kinerja yang lain. Geetha & Suganya (2020) menggunakan metode ENN-TLBO memperoleh akurasi, spesifisitas, sensitivitas, dan *F-measure* secara berturut-turut sebesar 89,6%, 89,41%, 67%, 93%, dan 72,1%. Pada penelitian ini nilai sensitivitas masih di bawah 70% yaitu 67%. Liu et al. (2018) menggunakan metode *Gaussian Mixture* memperoleh sensitivitas sebesar 89,13% dan spesifisitas sebesar 89,31%. Namun, pada penelitian ini tidak menghitung ukuran kinerja yang lain. Sivagami et al. (2020) membandingkan tiga metode dalam melakukan segmentasi citra *pap smear* yaitu *global thresholding*, *Fuzzy C-means*, dan *Watershed*. Dari hasil ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa rata-rata hasil akurasi cukup baik yaitu 79,3%, rata-rata hasil spesifisitas yaitu 82,3%. Tetapi, rata-rata hasil sensitivitas di bawah 70% yaitu 65,3%.

Saat ini, metode *deep learning* telah menunjukkan hasil yang lebih baik dalam berbagai pengenalan pola dan aplikasi pencitraan (Deng & Yu, 2013; Schmidhuber, 2015). *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu metode *deep learning* yang banyak digunakan. CNN membangun jaringan saraf dengan banyak lapisan dan menggunakan sejumlah citra berukuran $n \times n$ (Alam et

al., 2021). CNN sangat efektif untuk data citra karena *input* yang digunakan pada CNN berukuran $n \times n$ (Chen et al., 2018; Paisitkriangkrai et al., 2015). CNN banyak diterapkan baik untuk klasifikasi dan segmentasi. Salah satu arsitektur yang terkenal untuk segmentasi yaitu *U-Net*. Beberapa kelebihan penggunaan arsitektur *U-Net* diantaranya, menurut Ronneberger et al. (2015), *U-Net* dikembangkan untuk segmentasi citra medis dan mengekstrak fitur-fitur yang ada pada citra. *U-Net* memberikan hasil yang sangat baik dalam segmentasi citra medis dikarenakan mampu menerima sejumlah besar citra untuk dilakukan *training* dan objek yang diperoleh lebih jelas (Khryashchev et al., 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Alom et al. (2018) pada segmentasi pembuluh darah retina pada dataset DRIVE diperoleh hasil akurasi 95,31%, sensitivitas 75,37%, spesifisitas 98,20%, *F-measure* 81,42%. Saood & Hatem (2021) pada penelitian segmentasi *lesi* paru-paru penderita COVID-19 diperoleh hasil sensitivitas 96,4% dan spesifisitas 94,8%. Kermi et al. (2019) pada penelitian segmentasi tumor otak diperoleh hasil sensitivitas 90,7% dan spesifisitas 99,8%.

Berdasarkan kelebihan *U-Net* CNN dan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, maka pada penelitian ini akan menggunakan *U-Net* CNN untuk melakukan segmentasi nukleus pada citra *pap smear* dengan mengukur kinerja akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F-measure*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menerapkan dan mengukur hasil kinerja *U-Net Convolutional Neural Network* (CNN) untuk segmentasi nukleus pada citra *pap smear* dengan mengukur akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F-measure*.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Parameter keberhasilan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Akurasi, Sensitivitas, Spesifisitas, dan *F-measure* yang diperoleh dari hasil segmentasi data sekunder pada dataset web Zenodo.
2. Tidak membahas perbaikan kontras ataupun mengurangi *noise* pada citra *pap smear*.

1.4 Tujuan

Menerapkan dan mengukur hasil kinerja *U-Net Convolutional Neural Network* (CNN) untuk segmentasi nukleus pada citra *pap smear* dengan mengukur akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F-measure*.

1.5 Manfaat

1. Dapat membantu praktisi medis dalam deteksi dini kanker serviks dari citra *pap smear* agar lebih akurat.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk melakukan suatu penelitian tentang segmentasi nukleus kanker serviks.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M., Wang, J. F., Guangpei, C., Yunrong, L., & Chen, Y. (2021). Convolutional Neural Network for the Semantic Segmentation of Remote Sensing Images. *Mobile Networks and Applications*, 26(1), 200–215. <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01703-3>
- Albawi, S., Mohammed, T. A. M., & Alzawi, S. (2017). Understanding of a Convolutional Neural Network. *ICET 2017*.
- Alom, Z., Hasan, M., Yakopcic, C., Taha, T. M., & Asari, V. K. (2018). *Recurrent_Residual_Convolutional_Neural_Network_ba*. 1–12.
- Bahadure, N. B., Ray, A. K., & Thethi, H. P. (2018). Comparative Approach of MRI-Based Brain Tumor Segmentation and Classification Using Genetic Algorithm. *Journal of Digital Imaging*, 31(4), 477–489. <https://doi.org/10.1007/s10278-018-0050-6>
- Bandyopadhyay, H., & Nasipuri, M. (2020). Segmentation of Pap Smear Images for Cervical Cancer Detection. *2020 IEEE Calcutta Conference, CALCON 2020 - Proceedings*, 30–33. <https://doi.org/10.1109/CALCON49167.2020.9106484>
- Chankong, T., Theera-Umporn, N., & Auephanwiriyakul, S. (2014). Automatic cervical cell segmentation and classification in Pap smears. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(2), 539–556. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.12.012>
- Chen, L. C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K., & Yuille, A. L. (2018). DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40(4), 834–848. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2017.2699184>
- Chen, Y., Chen, J., Wei, D., Li, Y., & Zheng, Y. (2020). Multiscale Multimodal Medical Imaging. In *arXiv* (Vol. 11977). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37969-8>
- Dallali, A., El Khediri, S., Slimen, A., & Kachouri, A. (2018). Breast tumors segmentation using Otsu method and K-means. *2018 4th International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing, ATSIP 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ATSIP.2018.8364469>
- Deng, L., & Yu, D. (2013). Deep learning: Methods and applications. In *Foundations and Trends in Signal Processing* (Vol. 7, Issues 3–4, pp. 197–387). Now Publishers Inc. <https://doi.org/10.1561/20000000039>
- Du, C., Wang, Y., Wang, C., Shi, C., & Xiao, B. (2020). Selective feature

- connection mechanism: Concatenating multi-layer CNN features with a feature selector. *Pattern Recognition Letters*, 129, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2019.11.015>
- Du, G., Cao, X., Liang, J., Chen, X., & Zhan, Y. (2020). Medical image segmentation based on U-Net: A review. *Journal of Imaging Science and Technology*, 64(2), 1–12. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2020.64.2.020508>
- Ernawati, Oktaviana, D., Mantasia, Yusuf, R. A., & Sumarmi. (2021). The Effect of Health Education Based on the Health Belief Model about Pap Smear Test on Women in Rural District Indonesia. *Medico-Legal Update*, 21(2), 7–12.
- Gao, H., Yuan, H., Wang, Z., & Ji, S. (2019). Pixel Transposed Convolutional Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 42(5), 1218–1227. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2019.2893965>
- Geetha, S., & Suganya, S. (2020). Automatic Detection of Cervical Cancer Using UKF and ACM-AHP. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(8), 285–295. <https://doi.org/10.34218/IJARET.11.8.2020.028>
- Hijazi, S., Kumar, R., & Rowen, C. (2015). *Using convolutional neural networks for image recognition* (pp. 1–12). Cadence Design Systems Inc.: San Jose, CA, USA. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16178-5_40
- Ide, H., & Kurita, T. (2017). Improvement of learning for CNN with ReLU activation by sparse regularization. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 2684–2691. <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2017.7966185>
- Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning, Lille, France, 2015.*, 37.
- Jafari, M. H., Karimi, N., Nasr-Esfahani, E., Samavi, S., Soroushmehr, S. M. R., Ward, K., & Najarian, K. (2016). Skin lesion segmentation in clinical images using deep learning. *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, 0, 337–342. <https://doi.org/10.1109/ICPR.2016.7899656>
- Kermi, A., Mahmoudi, I., & Khadir, M. T. (2019). Deep Convolutional Neural Networks Using U-Net for Automatic Brain Tumor Segmentation in Multimodal MRI Volumes. *In International MICCAI Brainlesion Workshop*, 37–48. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11726-9>
- Khryashchev, V., Lebedev, A., Stepanova, O., & Srednyakova, A. (2019). Using Convolutional Neural Networks in the Problem of Cell Nuclei Segmentation on Histological Images. *Springer Nature Switzerland AG 2019*, 149–161. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12072-6>
- Kolarik, M., Burget, R., & Riha, K. (2019). Upsampling Algorithms for

- Autoencoder Segmentation Neural Networks: A Comparison Study. *International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops*, 7–11. <https://doi.org/10.1109/ICUMT48472.2019.8970918>
- Liong, S.-T., Gan, Y. S., Huang, Y.-C., Yuan, C.-A., & Chang, H.-C. (2019). *Automatic Defect Segmentation on Leather with Deep Learning*. <http://arxiv.org/abs/1903.12139>
- Liu, J., Li, L., & Wang, L. (2018). Acetowhite region segmentation in uterine cervix images using a registered ratio image. *Computers in Biology and Medicine*, 93, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2017.12.009>
- Nadeemhashmi, S., Gupta, H., Mittal, D., Kumar, K., Nanda, A., & Gupta, S. (2018). A Lip Reading Model Using CNN with Batch Normalization. *2018 11th International Conference on Contemporary Computing, IC3 2018*, 2–4. <https://doi.org/10.1109/IC3.2018.8530509>
- Nikolic, M., Tuba, E., & Tuba, M. (2016). Edge detection in medical ultrasound images using adjusted Canny edge detection algorithm. *24th Telecommunications Forum, TELFOR 2016*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2016.7818878>
- Olivia, D., Elaziz, M. A., & Hinojosa, S. (2019). Image Processing. *Metaheuristic Algorithms for Image Segmentation: Theory and Applications*, 825, 27–45. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12931-6>
- Oriola, O. (2020). *A Stacked Generalization Ensemble Approach for Improved Intrusion Detection*. 18(5), 62–67. <https://sites.google.com/site/ijcsis/>
- Paisitkriangkrai, S., Sherrah, J., Janney, P., & Van-Den Hengel, A. (2015). Effective semantic pixel labelling with convolutional networks and Conditional Random Fields. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2015-October*, 36–43. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2015.7301381>
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9351, 234–241. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4>
- Saood, A., & Hatem, I. (2021). COVID-19 lung CT image segmentation using deep learning methods: U-Net versus SegNet. *BMC Medical Imaging*, 21(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12880-020-00529-5>
- Schmidhuber, J. (2015). Deep Learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85–117. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
- Sharma, S., Sharma, S., & Anidhya, A. (2018). Activation Functions in Neural Networks. *International Journal of Engineering Applied Sciences and*

Technology, 4(12), 310–316.

- Sivagami, S., Chitra, P., Kailash, G. S. R., & Muralidharan, S. R. (2020). UNet Architecture Based Dental Panoramic Image Segmentation. *2020 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking, WiSPNET 2020*, 187–191. <https://doi.org/10.1109/WiSPNET48689.2020.9198370>
- Somasundaram, D., Gnanasaravanan, S., & Madian, N. (2020). Automatic segmentation of nuclei from pap smear cell images: A step toward cervical cancer screening. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 30(4), 1209–1219. <https://doi.org/10.1002/ima.22444>
- Taneja, A., Ranjan, P., & Ujlayan, A. (2018). Automated cell nuclei segmentation in overlapping cervical images using deep learning model. *Proceedings of the 2018 International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition, IPCV 2018*, 165–172.
- Tong, Z., Aihara, K., & Tanaka, G. (2016). A hybrid pooling method for convolutional neural networks. In *International Conference on Neural Information Processing*. https://doi.org/10.1299/jsmemag.90.823_758
- Wang, Z., Wang, E., & Zhu, Y. (2020). Image segmentation evaluation: a survey of methods. *Artificial Intelligence Review*, 53(8), 5637–5674. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09830-9>
- World Health Organization. (2021). Indonesia Source GLOBOCAN 2020. In *International Agency for Research on Cancer*. <http://gco.iarc.fr/>
- Zhang, L., Kong, H., Chin, C. T., Liu, S., Chen, Z., Wang, T., & Chen, S. (2014). Segmentation of cytoplasm and nuclei of abnormal cells in cervical cytology using global and local graph cuts. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 38(5), 369–380. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2014.02.001>
- Zhao, H., & Sun, N. (2017). Improved U-net model for nerve segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10667 LNCS, 496–504. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71589-6_43
- Zhao, M., Wang, H., Han, Y., Wang, X., Dai, H. N., Sun, X., Zhang, J., & Pedersen, M. (2021). SEENS: Nuclei segmentation in Pap smear images with selective edge enhancement. *Future Generation Computer Systems*, 114, 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.07.045>