

**IMPLEMENTASI ARSITEKTUR *CONVLSTM-U*  
DALAM SEGMENTASI SEMANTIK SEL TUNGGAL KANKER SERVIKS  
PADA CITRA *PAP SMEAR***

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains di Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA**

**Oleh:**

**RIFA FADHILA NUGROHOPUTRI**

**08011281823039**



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

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI ARSITEKTUR *CONVLSTM-U*  
DALAM SEGMENTASI SEMANTIK SEL TUNGGAL KANKER SERVIKS  
PADA CITRA *PAP SMEAR***

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains di Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA**

**Oleh**

**RIFA FADHILA NUGROHOPUTRI**

**NIM. 08011281823039**

**Pembimbing Pembantu**



**Anita Desiani, S.Si., M.Kom  
NIP. 197712112003122002**

**Indralaya, 3 Juni 2022  
Pembimbing Utama**



**Des Alwine Zavanti, M.Si  
NIP. 197012041998022001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika**



**Drs. Sugandi Yáhdin, M.M  
NIP. 195807271986031003**

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rifa Fadhila Nugrohoputri  
NIM : 08011281823039  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan srata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penullis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 9 Juli 2022

Penulis



Rifa Fadhila Nugrohoputri  
NIM.08011281823039

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Rifa Fadhila Nugrohoputri  
NIM : 08011281823039  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "Implementasi Arsitektur *ConvLSTM-U* dalam Segmentasi Semantik Sel Tunggal Kanker Serviks pada Citra *Pap Smear*". Dengan hak bebas royalty non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 9 Juli 2022

Penulis



Rifa Fadhila Nugrohoputri

NIM.08011281823039

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan skripsi ini untuk:*

*Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala,*

*Kedua orang tuaku tersayang,*

*Adik laki-lakiku,*

*Keluarga besarku,*

*Seluruh guru-guru dan dosen-dosenku,*

*Kakak-kakak dan teman-teman bidang minat komputasi,*

*Sahabat-sahabatku,*

*Almamaterku*

**Moto**

*“Nothing lasts forever, nothing stays the same.”*

*– Wherever You Are, 5SOS*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Arsitektur *ConvLSTM-U* dalam Segmentasi Semantik Sel Tunggal Kanker Serviks pada Citra *Pap Smear*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.

Penulis Menyadari bahwa proses pembuatan skripsi ini merupakan proses pembelajaran yang sangat berharga serta tak lepas dari kekurangan dan keterbatasan. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua Ayah dan Bundaku tersayang, Bapak **Joko Nugroho** dan Ibu **Sri Nurdiningsih**, yang tak pernah lelah merawat, menuntun, memberi nasehat, dukungan, serta doa untuk penulis. Terima kasih atas segala perjuangan, pengorbanan, serta kasih sayang hingga detik ini dan sampai kapan pun.
2. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** dan Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis selama masa perkuliahan.
3. Ibu **Des Alwine Zayanti, M.Si** dan Ibu **Anita Desiani, S.Si, M.Kom** selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan dan didikan berharga selama masa perkuliahan, proses pembuatan skripsi, dan kompetisi.

4. Bapak **Drs. Ali Amran M.T**, Ibu **Dr. Ir. Herlina Hanum M.Si**, Bapak **Drs. Robinson Sitepu, M.Si**, dan Ibu **Dr. Evi Yuliza, M.Si** selaku ketua, sekretaris, dosen pembahas, dan dosen penguji yang telah memberikan tanggapan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat untuk perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
5. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** dan **seluruh guru** yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, serta bimbingan selama di bangku pendidikan.
6. Bapak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah membantu urusan perkuliahan penulis.
7. Adik laki-lakiku tersayang, **Adam Danish Nugroho**, yang selalu mendoakan dan memberikan perhatian kepada penulis, beserta keluarga besar yang selalu mendukung penulis.
8. **Muhamad Ilham Maulana**, yang selalu mendukung, menuntun, dan memberi masukan serta perhatian kepada penulis selama masa perkuliahan.
9. **Kakak-kakak tingkat bidang minat komputasi angkatan 2016 dan 2017** yang telah banyak membagi ilmu dan membantu proses penyusunan skripsi.
10. **Keluarga Matematika 2018, Tim PHP2D 2020, BPH Himastik Beraksi dan Gelora Karya, BPH UKM Unsri Mengajar Superteam dan UM Rangers, rekan-rekan perlombaan, kakak-kakak tingkat angkatan 2016 dan 2017, serta adik-adik tingkat angkatan 2019 dan 2020** dalam masa perkuliahan dan proses penyusunan skripsi. Terima kasih sudah menjadi orang-orang baik di sekeliling penulis yang selalu mendukung, mendoakan, membantu dengan tulus, dan memberi energi positif.

11. Sahabat-sahabatku lainnya, **Risda, Devita, Riza, Kania, Ferdy, Kak Aldi, Kak Arap,** dan **Zaf** yang selalu memberikan doa, dukungan, pengertian, dan kebaikannya.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah.  
  
Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/i Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya dan seluruh pihak yang memerlukan.

Indralaya, Mei 2022

Penulis



**IMPLEMENTATION OF CONVLSTM-U ARCHITECTURE  
FOR CERVICAL CANCER SINGLE CELL  
SEMANTIC SEGMENTATION IN PAP SMEAR IMAGES**

**By:**

**Rifa Fadhila Nugrohoputri  
08011281823039**

**ABSTRACT**

Attempt to detect cervical cancer with pap smear examination are prone to errors because it is done manually. In this case, a medical image processing system is needed to reduce cervical cancer misdiagnosis by applying semantic image segmentation using Convolutional Neural Network (CNN) method. One of the CNN architectures that has good performance in biomedical image segmentation is U-Net. Some of the weaknesses of the U-Net architecture can be solved by ConvLSTM which is a modification of the LSTM architecture to adapt to image data. In this study, the implementation of the ConvLSTM-U architecture which is a modification of the U-Net architecture with ConvLSTM for segmentation of 4 labels on pap smear images. The stages of research are data preprocessing, training, testing, evaluation, analysis, interpretation of results, and conclusion of research results. The results of segmentation research using the Herlev dataset generate an accuracy value of 90.99%, Intersection over Union (IoU) of 63.20%, F1-Score of 75.22%, precision of 74.65%, sensitivity of 76.36%, and specificity of 93.48%. Based on the results obtained, it can be said that the ConvLSTM-U architecture is very good in performing semantic segmentation of cervical cancer single cells, the prediction results given are very close to ground truth, architecture do not cause over-segmentation, architecture are sufficient in detecting the features you want to segment however, it is still not good at detecting pixels in each class, especially in the thin cytoplasmic class.

Keywords : Semantic segmentation, single cell, cervical cancer, U-Net, ConvLSTM

**IMPLEMENTASI ARSITEKTUR *CONVLSTM-U*  
DALAM SEGMENTASI SEMANTIK  
SEL TUNGGAL KANKER SERVIKS PADA CITRA *PAP SMEAR***

**Oleh:**

**Rifa Fadhila Nugrohoputri**

**08011281823039**

**ABSTRAK**

Upaya mendeteksi kanker serviks dengan pemeriksaan *pap smear* rawan terjadi kesalahan karena dilakukan secara manual. Dalam hal ini dibutuhkan sistem pengolahan citra medis untuk menurunkan kesalahan diagnosa kanker serviks dengan menerapkan segmentasi citra semantik menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Salah satu arsitektur CNN yang memiliki kinerja baik dalam segmentasi citra biomedis adalah *U-Net*. Beberapa kelemahan dari arsitektur *U-Net* dapat dipecahkan oleh *ConvLSTM* yang merupakan modifikasi arsitektur LSTM untuk beradaptasi dengan data gambar. Pada penelitian ini, dilakukan implementasi arsitektur *ConvLSTM-U* yang merupakan modifikasi arsitektur *U-Net* dengan *ConvLSTM* untuk segmentasi 4 label komponen pada citra *pap smear*. Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan antara lain *preprocessing* data, *training*, *testing*, evaluasi, analisis, interpretasi hasil, dan pengambilan kesimpulan hasil penelitian. Hasil penelitian segmentasi dengan menggunakan *dataset* Herlev menghasilkan nilai akurasi sebesar 90,99%, *Intersection over Union* (IoU) sebesar 63,20%, *F1-Score* sebesar 75,22%, presisi sebesar 74,65%, sensitivitas sebesar 76,36%, dan spesifisitas sebesar 93,48%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa arsitektur *ConvLSTM-U* sangat baik dalam melakukan segmentasi semantik sel tunggal kanker serviks, hasil prediksi yang diberikan sudah sangat mendekati *ground truth*, tidak menyebabkan *over-segmented*, sudah cukup dalam mendeteksi fitur yang ingin disegmentasi namun, masih kurang baik dalam mendeteksi piksel pada setiap kelas khususnya pada kelas sitoplasma tipis.

Kata Kunci : Segmentasi semantik, sel tunggal, kanker serviks, *U-Net*, *ConvLSTM*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Manfaat .....	6
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Sel Tunggal Kanker Serviks .....	7
2.2 Citra Digital.....	7
2.3 Segmentasi Citra Semantik .....	8
2.4 Augmentasi .....	8
2.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....	9
2.5.1 <i>Convolutional Layer</i> .....	10
2.5.2 <i>Batch Normalization</i> .....	11
2.5.3 Fungsi Aktivasi .....	12
2.5.4 <i>Max Pooling</i> .....	13
2.5.5 <i>Concatenate Layer</i> .....	14
2.5.6 <i>Transposed Convolution</i> .....	15
2.5.7 <i>Loss Function: Categorical Cross-Entropy</i> .....	15
2.6 <i>U-Net</i> .....	16
2.7 <i>Convolution Long Short Term Memory (ConvLSTM)</i> .....	17

2.8 <i>Confusion Matrix</i> .....	19
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Tempat .....	23
3.2 Waktu.....	23
3.3 Alat .....	23
3.4 Metode Penelitian.....	23
3.4.1 Deskripsi Data.....	24
3.4.2 <i>Preprocessing</i> .....	24
3.4.3 Implementasi Arsitektur <i>ConvLSTM-U</i> .....	24
3.4.4 Evaluasi .....	27
3.4.5 Analisis dan Interpretasi Hasil .....	27
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1 Deskripsi Data .....	28
4.2 <i>Preprocessing</i> Data .....	29
4.3 Arsitektur <i>ConvLSTM-U</i> .....	30
4.4 Ilustrasi Operasi Manual pada <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> ..	31
4.5 <i>Training</i> .....	51
4.6 <i>Testing</i> .....	53
4.7 Evaluasi.....	58
4.8 Analisis dan Interpretasi Hasil .....	66
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>68</b>
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Evaluasi Kinerja Model.....	22
Tabel 4.1 Data Sampel Citra pada <i>Dataset</i> Herlev.....	28
Tabel 4.2 Augmentasi Gambar Asli dan <i>Ground Truth</i> .....	30
Tabel 4.3 Perbandingan Citra Asli, Hasil Segmentasi, dan <i>Ground Truth</i> .....	54
Tabel 4.4 <i>Confusion Matrix Multiclass</i> dari Proses <i>Testing</i> .....	55
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Evaluasi Kinerja dengan Penelitian Lain .....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-Bagian Sel Tunggal Kanker Serviks pada Citra <i>Pap Smear</i> ...	7
Gambar 2.2 Ilustrasi Teknik Augmentasi Data .....	9
Gambar 2.3 Representasi Operasi Konvolusi.....	10
Gambar 2.4 Representasi Proses <i>Max Pooling</i> .....	14
Gambar 2.5 Representasi Operasi <i>Transposed Convolution</i> .....	15
Gambar 2.6 Bentuk Arsitektur <i>U-Net</i> .....	16
Gambar 2.7 Struktur <i>ConvLSTM</i> .....	18
Gambar 2.8 <i>Multiclass Confusion Matrix</i> .....	19
Gambar 4.1 Gambar Citra Asli dan <i>Ground Truth</i> .....	29
Gambar 4.2 Arsitektur <i>ConvLSTM-U</i> .....	31
Gambar 4.3 Contoh dari Proses Partisi Matriks <i>Max Pooling</i> .....	38
Gambar 4.4 Contoh Proses <i>Concatenate</i> .....	39
Gambar 4.5 Hasil Training Model Arsitektur <i>ConvLSTM-U</i> .....	51
Gambar 4.6 Grafik Akurasi Proses <i>Training</i> .....	52
Gambar 4.7 Grafik <i>Loss</i> Proses <i>Training</i> .....	53

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*World Health Organization* (WHO) pada tahun 2019 mengumumkan bahwa kanker serviks merupakan penyakit paling mematikan ke-4 dan merupakan jenis kanker paling berbahaya bagi wanita. Telah diperkirakan lebih dari 311.000 wanita meninggal setiap tahunnya karena kanker serviks dan jumlah kematian per tahun diproyeksikan akan mencapai 460.000 pada tahun 2040 karena adanya perubahan demografi dan kurangnya tindakan (WHO, 2019). Kanker serviks ditandai dengan adanya pertumbuhan tumor ganas di bagian dalam serviks wanita (Sachan *et al.*, 2018). Kanker serviks dapat disembuhkan jika terdeteksi sejak dini dan sebaiknya dilakukan setiap tahun oleh wanita yang telah berusia 18 tahun atau wanita yang telah aktif secara seksual (Wijaya *et al.*, 2021). Salah satu upaya untuk mendeteksi kanker serviks dapat dilakukan dengan beberapa jenis pemeriksaan laboratorium, salah satunya dengan cara mengambil sari permukaan leher rahim untuk menganalisis perubahan bentuk sel yang disebut dengan pemeriksaan *pap smear* yang terbukti merupakan teknik pemeriksaan yang sederhana, murah, dan efektif untuk mendiagnosis kanker serviks (Sachan *et al.*, 2018).

Secara tradisional, analisis citra *pap smear* dilakukan secara manual memerlukan ahli sitologi yang terampil, memakan banyak waktu, dan rawan terjadi kesalahan (Zhao *et al.*, 2016). Citra histologi serviks yang dianalisis memiliki beberapa komponen terpenting untuk memisahkan *background* dengan nukleus,

sitoplasma, dan sitoplasma tipis karena komponen-komponen tersebut memberikan informasi diagnostik yang berkaitan dengan keadaan sel normal atau tidak (Rahmadwati, 2013).

Dalam hal ini dibutuhkan sistem pengolahan citra medis dengan bantuan komputer yang dapat memisahkan empat daerah, yaitu sitoplasma, nukleus, *background*, dan sitoplasma tipis (Zhao *et al.*, 2016). Sistem ini diharapkan dapat mengurangi faktor-faktor subjektif dan menurunkan peluang kesalahan diagnosa kanker serviks. Salah satu sistem otomatis yang dapat digunakan untuk mendeteksi kelainan pada sel serviks adalah dengan melakukan segmentasi semantik kanker serviks pada citra *pap smear*. Proses segmentasi yaitu proses yang memisahkan suatu citra ke dalam beberapa kelompok atau segmen piksel-piksel homogen yang disesuaikan dengan masing-masing kriterianya (Wijaya *et al.*, 2021).

Proses segmentasi umumnya dilakukan dengan memanfaatkan *dataset* yang ada, salah satu *dataset* yang sering digunakan untuk segmentasi sel tunggal kanker serviks adalah bank data Herlev sebanyak 917 *dataset* (Dewi dan Sariasih, 2019). Menurut Hamwood *et al.* (2018) kinerja suatu metode segmentasi dipengaruhi oleh banyaknya variasi data latih yang digunakan. Salah satu upaya untuk meningkatkan variasi data gambar dengan memanipulasi transformasi dimensi data tanpa harus mengumpulkan banyak sampel data lainnya disebut dengan augmentasi data (Sanjaya dan Ayub, 2020). Salah satu metode segmentasi yang teruji memiliki kemampuan besar jika dilatih dengan banyak *dataset* adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) (L. C. Chen *et al.*, 2018). Kemampuan utama CNN terletak pada arsitektur-arsitektornya, salah satu arsitektur CNN yang memiliki kinerja baik



dalam segmentasi citra biomedis adalah arsitektur *U-Net* (Ronneberger, Fischer and Brox, 2015).

Bentuk arsitektur *U-Net* memiliki ciri khas berbentuk huruf U simetri. *U-Net* merupakan arsitektur yang memperkenalkan *layer concatenate* pada setiap lapisan untuk mentransfer informasi dari jalur sebelah kiri yang disebut dengan *encoder* ke jalur sebelah kanan yang disebut dengan *decoder* secara *multilevel* (Hadinata, Simanta dan Eddy, 2021). Jalur *encoder* berfungsi untuk menurunkan ukuran matriks *input* dengan menambah jumlah *feature maps*, sedangkan jalur *decoder* berfungsi untuk mengembalikan matriks ke ukuran aslinya sesuai *input* sebelumnya dengan meminimalkan jumlah *feature maps* sehingga gambar *input* dapat tersegmentasi (Pravitasari *et al.*, 2020).

Penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan arsitektur CNN *U-Net* dalam segmentasi sel tunggal kanker serviks pada *dataset* Herlev antara lain: Desiani *et al.* (2021) menggunakan arsitektur CNN yang dikombinasikan dengan arsitektur *Bi-path* berhasil melakukan segmentasi 3 label, yaitu memisahkan nukleus, sitoplasma, dan *background*. Namun, penelitian tersebut menghasilkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *F1-score* yang masih di bawah 80%. Penelitian segmentasi kanker serviks lainnya dilakukan oleh Ronneberger, Fischer and Brox, (2015) yang menggunakan arsitektur *U-Net* klasik, dengan hasil *F1-Score*, presisi, dan sensitivitas yang cukup baik, yaitu di atas 80%. Namun, penelitian ini tidak menghitung nilai evaluasi lainnya dan hanya melakukan segmentasi 2 label yaitu memisahkan nukleus dan *background*.

Menurut L. Chen *et al.* (2018) arsitektur *U-Net* memiliki kelemahan, yaitu arsitektur ini hanya memiliki beberapa *layer* yang tidak mendalam jika dibandingkan dengan arsitektur lainnya, jika *layer* ditambahkan secara berlebihan pada arsitektur *U-Net* maka, dapat menyebabkan terjadinya pembesaran parameter sehingga tahap *training* mengakibatkan hilangnya gradien. Meningkatnya jumlah parameter juga akan mengakibatkan perhitungan komputasi yang berlebihan sehingga proses *training* memakan waktu yang lama (Bi *et al.*, 2017).

Adapun arsitektur *Long Short Term Memory* (LSTM) dapat menyelesaikan masalah proses *training* yang memakan waktu lama dengan memetakan urutan *input* gambar. LSTM juga memiliki kemampuan kuat untuk menyimpan memori dalam jangka waktu yang lama sehingga dapat mengatasi masalah kehilangan gradien pada *layer* arsitektur *U-Net* (Li *et al.*, 2021). Adapun *ConvLSTM* merupakan modifikasi dari LSTM untuk beradaptasi pada data gambar. *ConvLSTM* dapat menyimpan dan mengakomodasi informasi spasial pada citra sebelumnya. Struktur *ConvLSTM* terdiri dari empat *gate*, yaitu *input gate*, *forget gate*, *input modulation gate*, dan *output gate*. Keempatnya berfungsi untuk menentukan informasi mana dari *input* citra yang harus disimpan (Shi *et al.*, 2015). Arbelle dan Raviv (2019) melakukan penelitian menggunakan *ConvLSTM* di setiap *block* pada jalur *encoder U-Net* untuk mengatasi permasalahan hilangnya gradien dan memanfaatkan penyimpanan informasi penting di unit memori *ConvLSTM*.

Proses pengembangan model menggunakan modifikasi arsitektur *U-Net* dengan *ConvLSTM* pada jalur *decoder* dapat menjadi arsitektur baru, yaitu *CONVLSTM-U* yang diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam

penelitian segmentasi semantik citra *pap smear* yang dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit kanker serviks. Arsitektur usulan ini diharapkan dapat memperoleh hasil proses segmentasi yang lebih akurat dalam ukuran nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, IoU (*Intersection over Union*), dan *F1-Score*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana hasil evaluasi kinerja dari implementasi arsitektur *ConvLSTM-U* dalam segmentasi semantik sel tunggal kanker serviks pada citra *pap smear*.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas segmentasi semantik sel tunggal kanker serviks menggunakan modifikasi arsitektur yang diusulkan dan tidak membahas proses klasifikasi penyakit dan perbaikan citra awal.
2. Ukuran evaluasi kinerja pada segmentasi ini menggunakan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, IoU (*Intersection over Union*), dan *F1-Score*.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil evaluasi kinerja dari implementasi arsitektur *ConvLSTM-U* dalam segmentasi semantik sel tunggal

kanker serviks pada citra *pap smear*, serta mengatasi kelemahan arsitektur *U-Net* dengan *ConvLSTM*.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari hasil penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai referensi dan kontribusi pada bidang informatika dan kesehatan khususnya pada penelitian terkait segmentasi citra *pap smear* untuk mendeteksi area dari komponen-komponen pada sel tunggal kanker serviks.
2. Dapat memberikan *input* data gambar yang bisa digunakan pada proses diagnosis dan klasifikasi gangguan penyakit kanker serviks di bidang kesehatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alqadi, Z. *et al.* (2020) 'Features Analysis of RGB Color Image based on Wavelet Packet Information', *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 9(3), pp. 149–156.
- Alzubaidi, L. *et al.* (2021) *Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions*, *Journal of Big Data*. Springer International Publishing. doi: 10.1186/s40537-021-00444-8.
- Arbelle, A. and Raviv, T. R. (2019) 'Microscopy cell segmentation via convolutional LSTM networks', *Proceedings - International Symposium on Biomedical Imaging*, 2019-April, pp. 1008–1012. doi: 10.1109/ISBI.2019.8759447.
- Awasthy, M. (2015) 'Automatic obstacle detection for a star algorithm using digital image processing', *Advances in Modelling and Analysis B*, 58(1), pp. 84–93.
- Badriyah, T. *et al.* (2019) 'Improving stroke diagnosis accuracy using hyperparameter optimized deep learning', *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 5(3), pp. 256–272. doi: 10.26555/ijain.v5i3.427.
- Bi, L. *et al.* (2017) 'Stacked fully convolutional networks with multi-channel learning: application to medical image segmentation', *Visual Computer*, 33(6–8), pp. 1061–1071. doi: 10.1007/s00371-017-1379-4.
- Bjorck, J. *et al.* (2018) 'Understanding batch normalization', *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2018-Decem(NeurIPS), pp. 7694–7705.
- Chen, L. *et al.* (2018) 'DRINet for Medical Image Segmentation', *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 37(11), pp. 2453–2462. doi: 10.1109/TMI.2018.2835303.
- Chen, L. C. *et al.* (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), pp. 834–848. doi: 10.1109/TPAMI.2017.2699184.
- Desiani, A., Erwin, M., *et al.* (2021) 'Bi-path Architecture of CNN Segmentation and Classification Method for Cervical Cancer Disorders Based on Pap-smear Images', *IAENG International Journal of Computer Science*, 48(3), pp. 1–9.

- Desiani, A., Zayanti, D. A., *et al.* (2021) ‘Variasi Thresholding untuk Segmentasi Pembuluh Darah Citra Retina’, *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(2), p. 255. doi: 10.26418/jp.v7i2.47205.
- Dewi, Y. N. and Sariasih, F. A. (2019) ‘Metode Sample Bootstrapping Untuk Meningkatkan Performa Algoritma Naive Bayes Pada Citra Tunggal Pap Smear’, *Jurnal Teknik Informatika*, 12(1), pp. 1–10. doi: 10.15408/jti.v12i1.11031.
- Fernandez-Moral, E. *et al.* (2018) ‘A New Metric for Evaluating Semantic Segmentation: Leveraging Global and Contour Accuracy’, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings*, 2018-June, pp. 1051–1056. doi: 10.1109/IVS.2018.8500497.
- Gan, M. and Wang, C. (2020) ‘Dual-Stage U-Shape Convolutional Network for Esophageal Tissue Segmentation in OCT Images’, *IEEE Access*, 8(6), pp. 215020–215032. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3041767.
- Hadinata, P. N., Simanta, D. and Eddy, L. (2021) ‘Deep Convolutional Neural Network untuk Mendeteksi Retak pada Permukaan Beton yang Memiliki Void’, *Journal of Sustainable Construction*, 1(1), pp. 45–55. doi: 10.26593/josc.v1i1.5151.
- Hamwood, J. *et al.* (2018) ‘Effect of patch size and network architecture on a convolutional neural network approach for automatic segmentation of OCT retinal layers’, *Biomedical Optics Express*, 9(7), p. 3049. doi: 10.1364/boe.9.003049.
- Harto, A. *et al.* (2017) ‘SEGMENTASI DAN PEMISAHAN SEL DARAH PUTIH BERSENTUHAN MENGGUNAKAN METODE K-MEANS DAN HIERARCHICAL CLUSTERING ANALYSIS PADA CITRA TOUCHED WHITE BLOOD CELLS SEGMENTATION AND SEPARATION USING K-MEANS METHOD AND HIERARCHICAL CLUSTERING ANALYSIS ON ACUTE MYELOI’.
- Hijazi, S., Kumar, R. and Rowen, C. (2015) ‘Using Convolutional Neural Networks for Image Recognition’, *Cadence Design Systems Inc.: San Jose, CA, USA.*, 8925, pp. 572–578. doi: 10.1007/978-3-319-16178-5\_40.
- Ho, Y. and Wookey, S. (2020) ‘The Real-World-Weight Cross-Entropy Loss Function: Modeling the Costs of Mislabeling’, *IEEE Access*, 8, pp. 4806–4813. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2962617.
- Im, D. *et al.* (2020) ‘DT-CNN: An Energy-Efficient Dilated and Transposed

- Convolutional Neural Network Processor for Region of Interest Based Image Segmentation', *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 67(10), pp. 3471–3483. doi: 10.1109/TCSI.2020.2991189.
- Ioffe, S. and Szegedy, C. (2015) 'Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift', *Proceedings of the 32 nd International Conference on Machine Learning*, pp. 448–456. doi: 10.1080/17512786.2015.1058180.
- Islam, M. M. *et al.* (2020) 'Artificial intelligence in ophthalmology: A meta-analysis of deep learning models for retinal vessels segmentation', *Journal of Clinical Medicine*, 9(4). doi: 10.3390/jcm9041018.
- Kim, K. S. *et al.* (2020) 'Prediction of ocean weather based on denoising autoencoder and convolutional LSTM', *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(10), pp. 1–24. doi: 10.3390/jmse8100805.
- Li, J. *et al.* (2021) 'Study on strategy of CT image sequence segmentation for liver and tumor based on U-Net and Bi-ConvLSTM', *Expert Systems with Applications*, 180(333), p. 115008. doi: 10.1016/j.eswa.2021.115008.
- Li, Q. *et al.* (2014) 'Medical image classification with convolutional neural network', *2014 13th International Conference on Control Automation Robotics and Vision, ICARCV 2014*, pp. 844–848. doi: 10.1109/ICARCV.2014.7064414.
- Minaee, S. *et al.* (2021) 'Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1–22. doi: 10.1109/TPAMI.2021.3059968.
- Mishra, S. *et al.* (2016) 'Regularized discriminant analysis for multi-sensor decision fusion and damage detection with Lamb waves', *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2016*, 9803(850), p. 98032H. doi: 10.1117/12.2217959.
- Nadeemhashmi, S. *et al.* (2018) 'A Lip Reading Model Using CNN with Batch Normalization', *2018 11th International Conference on Contemporary Computing, IC3 2018*, pp. 2–4. doi: 10.1109/IC3.2018.8530509.
- Pravitasari, A. A. *et al.* (2020) 'UNet-VGG16 with transfer learning for MRI-based brain tumor segmentation', *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(3), pp. 1310–1318. doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i3.14753.

- Qian, Y. *et al.* (2014) 'Retinal vessels segmentation based on level set and region growing', *Pattern Recognition*, 47(7), pp. 2437–2446. doi: 10.1016/j.patcog.2014.01.006.
- Rahmadwati, R. (2013) 'Sistem Diagnosis Kanker Servik Berdasarkan Karakteristik Morfologi', *Jurnal EECCIS*, 7(2), p. pp.191-196.
- Ronneberger, O., Fischer, P. and Brox, T. (2015) 'U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation', *Computer Science Department and BIOSS Centre for Biological Signalling Studies, University of Freiburg, Germany*, 9351(Cvd), pp. 12–20. doi: 10.1007/978-3-319-24574-4.
- Sachan, P. L. *et al.* (2018) 'A Study on Cervical Cancer Screening Using Pap Smear Test and Clinical Correlation', pp. 337–341. doi: 10.4103/apjon.apjon.
- Sanjaya, J. and Ayub, M. (2020) 'Augmentasi Data Pengenalan Citra Mobil Menggunakan Pendekatan Random Crop, Rotate, dan Mixup', *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 6(2), pp. 311–323. doi: 10.28932/jutisi.v6i2.2688.
- Sanjaya, Y. C., Gunawan, A. A. S. and Irwansyah, E. (2020) 'Semantic Segmentation for Aerial Images: A Literature Review', *Engineering, Mathematics and Computer Science (EMACS) Journal*, 2(3), pp. 133–139. doi: 10.21512/emacsjournal.v2i3.6737.
- Shi, X. *et al.* (2015) 'Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting', *Department of Computer Science and Engineering Hong Kong University of Science and Technology*, pp. 1–9. doi: 10.1155/2018/6184713.
- Soomro, T. A. *et al.* (2019) 'Deep Learning Models for Retinal Blood Vessels Segmentation: A Review', *IEEE Access*, 7, pp. 71696–71717. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2920616.
- Sule, O. and Viriri, S. (2020) 'Enhanced Convolutional Neural Networks for Segmentation of Retinal Blood Vessel Image', *2020 Conference on Information Communications Technology and Society, ICTAS 2020 - Proceedings*, pp. 0–5. doi: 10.1109/ICTAS47918.2020.233996.
- Trevethan, R. (2017) 'Sensitivity, Specificity, and Predictive Values: Foundations, Pliabilities, and Pitfalls in Research and Practice', *Frontiers in Public Health*, 5(November), pp. 1–7. doi: 10.3389/fpubh.2017.00307.
- Tyagi, V. (2018) 'Understanding Digital Image Processing', *Understanding Digital*



*Image Processing*, (November). doi: 10.1201/9781315123905.

WHO (2019) *WHO guidelines for the use of thermal ablation for cervical pre-cancer lesions WHO guidelines for the use of thermal ablation for cervical pre-cancer lesions*.

Wijaya, R. S. D. *et al.* (2021) ‘Segmentasi Citra Kanker Serviks Menggunakan Markov Random Field dan Algoritma K-Means’, *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(1), pp. 139–147. doi: 10.29207/resti.v5i1.2816.

Zhang, L. *et al.* (2017) ‘COMBINING FULLY CONVOLUTIONAL NETWORKS AND GRAPH-BASED APPROACH FOR AUTOMATED SEGMENTATION OF CERVICAL CELL NUCLEI Radiology and Imaging Sciences Department , National Institutes of Health ( NIH ), Bethesda MD Iowa Institute for Biomedical Imaging and Dep’.

Zhang, M. *et al.* (2020) ‘ASCNET : ADAPTIVE-SCALE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR MULTI-SCALE FEATURE LEARNING Peking University , Center for Data Science , China ; Peking University , Center for Data Science in Health and Medicine , China ; Harvard Medical School , Massachusett’, pp. 144–148.

Zhang, Y., Mehta, S. and Caspi, A. (2021) ‘Rethinking Semantic Segmentation Evaluation for Explainability and Model Selection’. Available at: <http://arxiv.org/abs/2101.08418>.

Zhang, Y., Zhao, X. and Liu, P. (2019) ‘Multi-Point Displacement Monitoring Based on Full Convolutional Neural Network and Smartphone’, *IEEE Access*, 7, pp. 139628–139634. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2943599.

Zhao, L. *et al.* (2016) ‘Automatic cytoplasm and nuclei segmentation for color cervical smear image using an efficient gap-search MRF’, *Computers in Biology and Medicine*, 71, pp. 46–56. doi: 10.1016/j.compbiomed.2016.01.025.