

TESIS

DEEP LEARNING UNTUK PENGENALAN POLA WAYANG BALI



Ida Bagus Kresna Sudiatmika
No. Mhs.: 165302652/PS/MTF

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2018**



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : IDA BAGUS KRESNA SUDIATMIKA
Nomor Mahasiswa : 165302652/PS/MTF
Konsentrasi : Mobile Computing
Judul Tesis : Deep Learning Untuk Pengenalan Pola Wayang Bali

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda tangan
Dr. Pranowo, S.T., M.T. (Ketua)	27-7-2018	
Prof. Ir. Suyoto, M.Sc, Ph.D (Sekretaris)	27-7-2018	
Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T (Sekretaris)	27-7-2018	

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Ketua Program Studi

Prof. Dr. Suyoto, M.Sc., Ph.D
PASCASARJANA



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
INFORMATIKA

PERNYATAAN

Bersamaan dengan penelitian ini, maka saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ida Bagus Kresna Sudiatmika
Nomor Mahasiswa : 165302652/PS/MTF
Konsentrasi : Mobile Computing
Judul Tesis : Deep Learning Untuk Pengenalan Pola Wayang Bali

menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pemikiran sendiri dan bukan duplikasi dari karya tulis yang telah ada sebelumnya. Karya tulis yang telah ada sebelumnya dijadikan acuan oleh penulis guna melengkapi penelitian ini dan dinyatakan secara tertulis dalam penulisan acuan dan daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 13 Juli 2018

Ida Bagus Kresna Sudiatmika

INTISARI

Untuk menjaga kelestarian wayang, penulis membuat suatu sistem untuk mengenali pola dari wayang. Jumlah kategori wayang yang ada saat ini sangat banyak. Wayang memiliki pola ciri dan bentuk yang berbeda-beda setiap jenisnya. Wayang memiliki ciri dan bentuk yang berbeda-beda, selain itu wayang memiliki pola yang sangat rumit sehingga diperlukan metode jaringan syaraf yang dalam sehingga penulis menggunakan metode *Deep Learning*. Deep learning merupakan cabang dari machine learning yang didasarkan pada tingkat representation. One method of Deep learning is the *convolutional neural network (CNN)*. Dalam penelitian ini, kami akan memaparkan lapisan CNN yang digunakan dalam penelitian ini, kemudian akan diujikan untuk melakukan classifikasi pada data Wayang. Classifikasi ini dilakukan bertujuan untuk pelestarian wayang kulit, sehingga dengan melakukan pengenalan pola dapat diketahui informasi dari wayang tersebut. Penelitian ini menggunakan wayang Bali sebagai pengujian. Jumlah kategori wayang yang digunakan sebanyak 6 jenis, yaitu wayang yudistira, wayang arjuna, wayang gatot kaca, wayang dewi sinta, wayang rahwana dan wayang sahadewa.

ABSTRACT

To preserve the shadow puppet, the author makes a system to recognize patterns of shadow puppet. The number of categories of puppets that exist very much. Puppet has different pattern and shape of each type. Puppet has different characteristics and shapes, other than that puppet has a very complicated pattern that required deep neural network method so that writer use Deep Learning method. Deep learning is a branch of machine learning based on the level of representation. In this research, we will describe the CNN layer used in this research, then will be tested to classify the shadow puppet data. This classification is aimed at preserving shadow puppets, so by performing pattern recognition can be known information from the puppets This study uses Balinese shadow puppet as a test. The number of categories of puppets used as many as 6 types, namely shadow puppet of Yudistira, shadow puppet of Arjuna, shadow puppet of Gatot Kaca, shadow puppet of Dewi sinta, shadow puppet of Rahwana and shadow puppet of Sahadewa.

KATA PENGANTAR

Kemuliaan kepada Bapa dan Putera dan Roh Kudus, seperti pada permulaan sekarang selalu dan sepanjang segala masa. Puji dan syukur kepada Tritunggal yang mahakuasa, atas penyertaan, perlindungan, petunjuk, berkat dan anugerahNya sehingga penelitian dan penulisan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tesis dengan judul “*Deep Learning* Untuk Pengenalan Pola Wayang Bali” merupakan hasil penelitian yang ditulis dalam rangka memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Teknik Informatika (S2) pada Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa tanpa kepedulian, bimbingan, bantuan, dorongan serta doa dari berbagai pihak, tesis ini tidak akan bisa terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan setulus hati penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih secara khusus kepada:

1. Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Informatika.
2. Dr. Pranowo S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak sekali masukan kepada penulis untuk menyelesaikan tesis ini.
3. Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen pembimbing II yang sudah membimbing dan mengarahkan sehingga tesis ini bisa diselesaikan.

4. Seluruh dosen Program Studi Magister Teknik Informatika dan karyawan Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu penulis selama menempuh studi.
5. Keluarga tercinta, Mama, Papa, Kakak, dan saudara-saudaraku yang dengan tulus memberikan doa, semangat dan dukungan yang tiada henti-hentinya selama penulis menempuh studi.
6. Terima kasih terhadap pengelola museum Bali yang telah bersedia mendampingi dalam pengambilan gambar wayang Bali.
7. Semua teman-teman Magister Teknik Informatika angkatan Februari 2017, yang begitu bersahabat, yang membuat perjalanan studi di Magister Teknik Informika UAJY ini semakin menyenangkan dan bermakna.
8. Kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tesis ini, terima kasih atas semua dukungan dan doanya selama ini.

Dengan keterbatasan pengalaman dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, masih banyak kelemahan dan perlu pengembangan lebih lanjut. Oleh sebab itu, dengan lapang dada serta semangat belajar dan memperbaiki, penulis menerima segala saran, masukan dan kritikan yang konstruktif demi perbaikan tesis ini dan pengembangan penulisan karya ilmiah yang lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan semoga tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama dalam bidang manajemen pemasaran.

Yogyakarta, 13 Juli 2018

Penulis,

Ida Bagus Kresna Sudiatmika



DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TESIS	ii
PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	iv
INTISATI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Keaslian Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Tujuan Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Kesenian Wayang	8
2.2.2 Pengenalan Pola.....	8
2.2.3 Anatomi Dari Jaringan Syaraf Tiruan.....	9
2.2.4 Normalisasi Gambar	10
2.2.5 Convolutioan Neural Network (Covnet).....	10
2.2.6 Proses Konvolusi	11
2.2.7 Machine Learning.....	14
2.2.8 Deep Learning	14
2.2.9 Artificial Neural Network	15
2.2.10 Regularisasi dan Data Augmentasi	15
2.2.11 Fungsi Aktivasi	16

2.2.12 Pooling Step	17
2.2.13 Fully Connected Lapisan	18
2.2.14 Precision, Recall dan Akurasi	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Bahan Penelitian	21
3.1.1 Dataset Wayang Arjuna	21
3.1.2 Dataset Wayang Sadewa	21
3.1.3 Dataset Wayang Yudistira	22
3.1.4 Dataset Wayang Rahwana	22
3.1.5 Dataset Wayang Dewi Sinta	23
3.1.6 Dataset Wayang Gatot Kaca	23
3.2 Alat Penelitian	23
3.2.1 Perangkat Lunak	24
3.2.2 Perangkat Keras	25
3.3 Langkah Penelitian	25
3.3.1 Tahap Pelatihan (training)	25
3.3.2 Tahap Pengujian	29
3.4 Implementasi Pada Python	30
3.4.1 Tahap Pembacaan Citra	30
3.4.2 Tahap Pembagian Citra menjadi Data Pelatihan dan Data Validasi	31
3.4.3 Augmentasi Pada Citra	31
3.4.4 Merancang Model CNN	31
3.4.5 Tahap Pelatihan	33
3.4.6 Tahap Menyimpan Bobot	34
3.4.7 Tahap Menyimpan Data Label Citra	34
3.4.8 Tahap Pengujian	34
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA	36
4.1 Pelatihan dan Analisa	36
4.1.1 Pelatihan Dengan Menggunakan Nilai Epoch 10	36
4.1.2 Pelatihan Dengan Menggunakan Nilai Epoch 20	38
4.1.3 Pelatihan Dengan Menggunakan Nilai Epoch 50	39
4.1.4 Pelatihan Dengan Menggunakan Nilai Epoch 100	42
4.1.5 Analisis Hasil Pelatihan	44
4.2 Tahap Evaluasi	45

4.3 Tahap Evaluasi dengan Perbedaan Learning Rate	48
4.3.1 Pengujian dengan learning rate 1e-2	48
4.3.2 Pengujian dengan learning rate 1e-3	49
4.3.3 Pengujian dengan learning rate 1e-4	49
4.4 Visualisasi Aktivasi Intermediate	50
4.4.1 Visualisasi lapisan konvolusi (conv2d_1)	51
4.4.2 Visualisasi lapisan aktivasi (activation_1)	51
4.4.3 Visualisasi lapisan batch_normalization (Batch_normalization_1).....	52
4.4.4 Visualisasi lapisan max pooling (max_pooling2d_1)	52
4.4.5 Visualisasi lapisan konvolusi (conv2d_2)	53
4.4.6 Visualisasi lapisan aktivasi (activation_2)	53
4.4.7 Visualisasi lapisan aktivasi (batch_normalization_2).....	54
4.4.8 Visualisasi lapisan konvolusi (conv2d_3)	55
4.4.9 Visualisasi lapisan aktivasi (activation_3)	56
4.4.10 Visualisasi lapisan batch_normalization (batch_normalization_3)	56
4.4.11 Visualisasi lapisan pooling (max_pooling2d_2)	57
4.4.12 Visualisasi lapisan konvolusi (conv2d_4)	57
4.4.13 Visualisasi lapisan aktivasi (activation_4)	58
4.4.14 Visualisasi lapisan batch_normalization (batch_normalization_4).....	59
4.4.15 Visualisasi lapisan konvolusi (conv2d_5)	59
4.4.16 Visualisasi lapisan aktivasi (activation_5)	60
4.4.17 Visualisasi lapisan batch_normalization (batch_normalization_5)	61
4.4.18 Visualisasi lapisan pooling (max_pooling2d_3)	61
4.5 Kelebihan dan Kekurangan	62
4.5.1 Kelebihan	62
4.5.2 Kekurangan	62
BAB V KESIMPULAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Struktur Jaringan CNN	26
Tabel 4.1. Akurasi pelatihan dan validasi	44
Tabel 4.2. Akurasi sensitivitas dan presisi pelatihan dan validasi.....	45
Tabel 4.3. Contoh pengujian dan hasil klasifikasi	46
Tabel 4.4. Pengujian pada seluruh data tes	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Anatomi Jaringan Syaraf Tiruan	9
Gambar 2. 2. Matriks Konvolusi.....	12
Gambar 2. 3. Proses Konvolusi.....	13
Gambar 2. 4. Hasil Konvolusi Lapisan CNN	13
Gambar 2. 5. Jaringan Syaraf Standar, (b) Contoh Jaringan Syaraf Tiruan yang sudah menerapkan dropout.....	16
Gambar 2. 6. Keluaran dari Rectified Linear Unit (ReLU).....	16
Gambar 2. 7. Operasi Max Pooling	17
Gambar 2. 8. Hasil dari lapisan pooling	18
Gambar 3. 1. Contoh citra pada dataset wayang arjuna.....	21
Gambar 3. 2. Contoh citra pada dataset wayang sadewa.....	22
Gambar 3. 3. Contoh citra pada dataset wayang yudistira.....	22
Gambar 3. 4. Contoh citra pada dataset wayang rahwana	22
Gambar 3. 5. Contoh citra pada dataset wayang dewi sinta	23
Gambar 3. 6. Contoh citra pada dataset wayang gatot kaca	23
Gambar 4. 1. Hasil pelatihan menggunakan epoch 10.....	36
Gambar 4. 2. Kurva akurasi pelatihan dan validasi pada epoch 10	37
Gambar 4. 3. Pengukuran presisi dan sensitivitas pada epoch 10	38
Gambar 4. 4. Pengukuran presisi dan sensitivitas pada epoch 50	38
Gambar 4. 5. Kurva pelatihan dan validasi pada epoch 20.....	39
Gambar 4. 6. Pengukuran presisi dan sensitivitas pada epoch 20	39
Gambar 4. 7. Hasil pelatihan menggunakan epoch 50.....	40
Gambar 4. 8. Kurva hasil pelatihan dan validasi epoch 50.....	41
Gambar 4. 9. Pengukuran presisi dan sensitivitas pada epoch 50	41
Gambar 4. 10. Hasil pelatihan menggunakan epoch 100.....	42
Gambar 4. 11. Kurva hasil pelatihan dan validasi pada epoch 100	43
Gambar 4. 12. Kurva hasil pelatihan dan validasi pada epoch 100	43
Gambar 4. 13. Data tes untuk pengujian model.....	45
Gambar 4. 14. Hasil pengujian dengan learning rate 10-2	48
Gambar 4. 15. Hasil pengujian dengan learning rate 10-3	49

Gambar 4. 16. Hasil pengujian dengan learning rate 10-4	50
Gambar 4. 17. Visualisasi lapisan pertama channel ke-empat.....	50
Gambar 4. 18. Visualiasi lapisan pertama channel ke-tujuh.....	51
Gambar 4. 19. Visualiasi lapisan conv2d_1.....	51
Gambar 4. 20. Visualiasi lapisan activation_1.....	52
Gambar 4. 21. Visualiasi lapisan batch_normalization_1	52
Gambar 4. 22. Visualiasi lapisan max_pooling2d_1	53
Gambar 4. 23. Visualiasi lapisan conv2d_2.....	53
Gambar 4. 24. Visualiasi lapisan activation_2.....	54
Gambar 4. 25. Visualiasi lapisan batch_normalization_2	55
Gambar 4. 26. Visualiasi lapisan conv2d_3.....	55
Gambar 4. 27. Visualiasi lapisan activation_3.....	56
Gambar 4. 28. Visualiasi lapisan batch_normalization_3	57
Gambar 4. 29. Visualiasi lapisan max_pooling2d_2	57
Gambar 4. 30. Visualisasi lapisan conv2d_4.....	58
Gambar 4. 31. Visualiasi lapisan activation_4.....	59
Gambar 4. 32. Visualiasi lapisan batch_normalization_4	59
Gambar 4. 33. Visualisasi lapisan conv2d_5.....	60
Gambar 4. 34. Visualiasi lapisan activation_5.....	60
Gambar 4. 35. Visualiasi lapisan batch_normalization_5	61
Gambar 4. 36. Visualiasi lapisan max_pooling2d_3	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Source code pelatihan

Lampiran 2. Source code pengujian

Lampiran 3. *Proceeding paper*

Lampiran 4. Rangkaian Surat Elektronik ICITEE

Lampiran 5. Hasil Pengukuran Kesamaan Dengan Turnitin

