



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

IMPLEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DAN ALGORITMA *MEAN SHIFT* PADA MODEL PELACAK TANGAN

SKRIPSI



Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)

Richard Adiguna

14110310086

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah karya ilmiah saya sendiri, bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain atau lembaga lain, dan semua karya ilmiah orang lain atau lembaga lain yang dirujuk dalam skripsi ini telah disebutkan sumber kutipannya serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan / penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah skripsi yang telah saya tempuh dan status kesarjanaan strata satu yang sudah diterima akan dicabut.

Tangerang, 16 Juli 2018



Richard Adiguna

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

“Implementasi *Convolutional Neural Network* dan Algoritma *Mean Shift* pada Model Pelacak Tangan”

oleh

Richard Adiguna

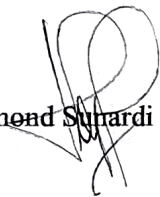
telah diujikan pada hari Kamis, 2 Agustus 2018,

pukul 10.00 s.d. 11.30 dan dinyatakan lulus

dengan susunan penguji sebagai berikut.


Ketua Sidang

Ir. Raymond Sunardi Octama, M.C.I.S.

 7/8 2018

Penguji

Wira Mungguna, S.Si., M.Sc.

 7 Ags 2018

Dosen Pembimbing

Yustinus Eko Soelistio, S.Kom, M.M.

 10/8/18

Disahkan oleh

Ketua Program Studi Sistem Informasi – UMN

Ririn Ikana Desanti, S.Kom, M.Kom.

 10/8-18

IMPELEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DAN ALGORITMA *MEAN SHIFT* PADA MODEL PELACAK TANGAN

ABSTRAK

Oleh: Richard Adiguna

Pengenalan tangan merupakan salah satu bidang yang cukup penting dalam *computer vision*. Kemampuan mesin untuk mengenali tangan dirasa cukup sulit karena tangan memiliki banyak *degree of freedom* yang memungkinkan postur tangan sangat beragam. Tujuan dari mengenali postur tangan bagi mesin adalah untuk menambah pengertian dan maksud terhadap penyampaian informasi dari manusia secara verbal dan non verbal kepada mesin. Banyak penelitian yang mengembangkan model pelacak tangan dan pengenalan tangan lalu digunakan sebagai alat untuk interaksi antara manusia dengan komputer. Salah satu contoh dari penggunaan pengenalan tangan adalah sensor gerak tangan yang digunakan untuk permainan menggunakan komputer, seperti *virtual reality game*, *augmented reality game*, dan *kinect game*. Hal tersebut merupakan bukti pelacak dan pengenalan tangan sangat penting untuk menunjang interaksi antara manusia dengan komputer. Oleh karena itu pembuatan model pelacak dan pengenalan yang kuat sangat dibutuhkan untuk membantu manusia lebih efisien memberikan informasi kepada mesin.

Penelitian ini bertujuan membuat model pelacak tangan dimana model pelacak tangan juga membutuhkan model deteksi tangan sebagai salah satu alat untuk melacak tangan. Pembuatan model deteksi akan menggunakan *convolutional neural network* yang terbaik dari dua arsitektur model yang diadaptasi dari penelitian Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016) dan proyek *cuda-convnet2*. Untuk pembuatan model pelacak tangan akan menggunakan metode *image pyramid* dan algoritma *mean shift* untuk melacak tangan.

Hasil yang diperoleh dari pembuatan model deteksi yaitu model yang diadaptasi dari proyek *cuda-convnet2* memiliki performa lebih baik dan stabil. Kemudian hasil dari model pelacak, masih adanya kekurangan pada tahap lokalisasi yang membutuhkan teknik *clustering* untuk mendapatkan hasil yang baik.

Kata kunci: *computer vision*, *deep learning*, *tracking*, *recognition*

IMPELEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DAN ALGORITMA *MEAN SHIFT* PADA MODEL PELACAK TANGAN

ABSTRACT

By: Richard Adiguna

Hand recognition is one of the most important area in computer vision. The ability of machine to recognize hand is quite difficult because hand has many degrees of freedom which make hand posture can have many various forms. The purpose for machine to recognize a hand posture is to increase the ability of understanding and intent from some information that sent from human to machine either verbal or non verbal. Many researches have developed a hand tracking model and hand detection model then used it as a tool for human computer interaction. For instance, hand tracking and detection model is used for computer gaming, such as virtual reality game, augmented reality game, and kinect game. It is proofing that hand tracking and hand detection is important for supporting human computer interaction. Therefore, a tracking and detection model is needed for helping human computer interaction to give information more efficiently for human.

The purpose of this research is to create a hand tracking model where the hand tracking model also needs a detection model as a tool used for tracking a hand. The detection model will use two convolutional neural network architectures from two different architectures. The first model is adopted from Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016) whilst the second model is adopted from cuda-convnet2 project. For tracking model will use both image pyramid and mean shift as methods for perform the hand tracking.

From the detection model, this research has obtained some good performances and more stable from second detection model that is adopted from cuda-convnet2 project. Afterwards, the result for tracking model, there is still a shortage for localization which needs a clustering technique to get a better result.

Keyword: computer vision, deep learning, tracking, recognition

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga skripsi yang berjudul “Implementasi Convolutional Neural Network dan Algoritma Mean Shift pada Model Pelacak Tangan” dapat selesai tepat pada waktunya. Skripsi ini penulis ajukan kepada Program Strata 1, Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Multimedia Nusantara.

Dengan berakhirnya proses penulisan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Multimedia Nusantara yang telah menjadi wadah bagi penulis untuk belajar dan mendalami dunia teknologi.

Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Yustinus Eko Soelistio, S.Kom, M.M. yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran kepada penulis selama penelitian.
2. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan semangat dan doa serta materil agar penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
3. Jason Kelvin Japutra, S.Kom. yang telah membantu untuk memfasilitasi penulis pada tahap pembuatan model deteksi pada penelitian ini.
4. Teman-teman sistem informasi angkatan 2014 selaku teman seperjuangan yang telah menjadi tempat untuk bertukar pikiran untuk mendukung kelancaran penelitian ini.
5. Tim Mirai Internasional yang juga telah menjadi tempat untuk bertukar pikiran dan selalu memberikan masukan untuk kelancaran penelitian ini.

Penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan dalam pembuatan laporan penelitian skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap laporan penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Tangeran, 16 Juli 2018

Richard Adiguna



UMMN

The logo of Universitas Muhammadiyah Negeri (UMMN) is a large, light blue circular emblem. Inside the circle, there is a stylized white building with several square windows. Below the circle, the letters 'UMMN' are written in a bold, light blue, sans-serif font.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
ABSTRAK	I
ABSTRACT.....	II
KATA PENGANTAR	III
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR TABEL.....	XII
DAFTAR RUMUS	XIII
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	8
1.3 TUJUAN DAN MANFAAT.....	8
1.4 HASIL KELUARAN.....	9
BAB II.....	10
LANDASAN TEORI.....	10
2.1 DEEP LEARNING	10
2.2 SUPERVISED LEARNING	12
2.3 NEURAL NETWORK.....	13
2.4 CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK.....	17
2.5 MAX-POOLING	21
2.6 RECTIFIED LINEAR UNIT (ReLU)	22
2.7 LOCAL RESPONSE NORMALIZATION	23
2.8 SOFTMAX REGRESSION.....	24

2.9 GRADIENT DESCENT OPTIMIZATION.....	28
2.10 EXPONENTIALLY LEARNING RATE DECAY	31
2.11 K-FOLD CROSS VALIDATION.....	32
2.12 LEAVE-ONE-OUT CROSS VALIDATION	33
2.13 DROPOUT REGULARISASI	34
2.14 L2-REGULARIZATION ERROR	35
2.15 TENSORFLOW	37
2.16 GAUSSIAN PYRAMID.....	38
2.17 MEAN-SHIFT.....	39
2.18 PENELITIAN TERDAHULU.....	40
2.18.1 Real-Time Continuous Pose Recovery of Human Hands Using Convolutional Neural Networks	40
2.18.2 Deep Learning for Integrated Hand Detection and Pose Estimation..	45
2.18.3 ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks	47
2.18.4 Static Hand Gesture Recognition Using Artificial Neural Network ..	48
2.18.5 Real-time Vision-based Hand Gesture Recognition Using Haar-like Features.....	50
2.18.6 Comparative Evaluation of Static Gesture Recognition Techniques based on Nearest Neighbor, Neural Networks and Support Vector Machines	52
BAB III	54
METODE PENELITIAN.....	54
3.1 GAMBARAN UMUM.....	54
3.2 PENGUMPULAN DATA.....	57
3.3 DETEKSI TANGAN.....	58
3.3.1 Pembuatan Model	59
3.3.2 Pelatihan Model	63
3.3.2.1 Pelatihan Convolutional Neural Network Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016).....	64

3.3.2.2 Pelatihan Convolutional Neural Network Tensroflow CIFAR-10 based on Cuda-Convnet2	65
3.3.3 Validasi Model.....	66
3.3.3.1 10-fold Cross-Validation Model	67
3.3.4 Pengujian Model.....	68
3.3.4.1 Pengujian Akurasi Model.....	68
3.4 PELACAK TANGAN.....	69
3.4.1 Pembuatan Model	70
3.4.2 Pengujian Akurasi Pelacakan Tangan.....	74
BAB IV	75
ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN DETEKSI TANGAN	75
4.1 DETEKSI TANGAN.....	75
4.1.1 Deskripsi Data	75
4.1.2 Pelatihan Model Convolutional Neural Network Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016).....	77
4.1.3 Pelatihan Model Convolutional Neural Network Cuda-Convnet 2 Krizhevsky (2011)	83
4.1.4 10-fold Cross Validation Model Convolutional Neural Network Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016) dan Cuda-Convnet2 Krizhevsky (2011)	88
4.1.5 Pengujian Akurasi Model Convolutional Neural Network Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016) dan Cuda-Convnet2 Krizhevsky (2011).....	92
BAB V.....	98
ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN PELACAK TANGAN	98
5.2 PELACAK TANGAN.....	98
5.2.1 Deskripsi Data	98
5.2.2 10-Fold Cross Validation Model Deteksi Tangan	100
5.2.3 Pengujian Akurasi Model Deteksi Tangan	102
5.2.4 Pengujian Akurasi Model Pelacak Tangan.....	104
5.2.5 Hasil Lokalisasi Model Pelacak Tangan pada Video	111

BAB VI	115
KESIMPULAN DAN SARAN	115
6.1 KESIMPULAN	115
6.2 SARAN	117
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN	127



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep dari algoritma perceptron	14
Gambar 2.2 Arsitektur jaringan convolutional neural network Le-Net	17
Gambar 2.3 Convolutional neural network mengatur neuron dalam bentuk 3 dimensi (width, height, depth)	18
Gambar 2.4 Konvolusi antara filter dengan gambar yang menghasilkan receptive field	19
Gambar 2.5 Transformasi hasil konvolusi setelah menggunakan max-pooling 2 x 2	22
Gambar 2.6 Kalkulasi softmax pada neural network	26
Gambar 2.7 Matriks multiplikasi softmax pada neural network	26
Gambar 2.8 Gradient descent yang mencari local minimum dari sebuah fungsi ..	29
Gambar 2.9 Hasil fully-connected layer menggunakan dropout	35
Gambar 2.10 Hasil dari image pyramid menghasilkan 5 sampel dari proses subsample	38
Gambar 2.11 Contoh hasil konvolusi dari model CNN penelitian Tompson, Stein, Lecun & Perlin (2014)	44
Gambar 2.12 Arsitektur convolutional neural network dari penelitian Tompson, Stein, Lecun & Perlin (2014)	44
Gambar 2.13 Arsitektur convolutional neural network penelitian Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016)	45
Gambar 2.14 Arsitektur CNN Alex-Net	47
Gambar 2.15 Cara kerja algoritma AdaBoost	51
Gambar 2.16 Hasil pengubahan data dari gambar menjadi vektor	53
Gambar 3.1 Convolutional Neural Network Model Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016)	60
Gambar 3.2 Convolutional Neural Network Model Cuda-Convnet2 Krizhevsky (2011)	61
Gambar 4.1 Bentuk dan kondisi data pada dataset pelatihan	76
Gambar 4.2 Bentuk dan kondisi data pada dataset pengujian	76

Gambar 4.3 Line chart loss pada 10 kali pelatihan model	78
Gambar 4.4 Line chart accuracy pada 10 kali pelatihan	79
Gambar 4.5 (a) Bar chart loss terendah pada 10 kali pelatihan (b) bar chart akurasi tertinggi pada 10 kali pelatihan	81
Gambar 4.6 Visualisasi nilai weight pada 3 channel layer ke-1 fold indeks ke-8	83
Gambar 4.7 Line chart loss pada 10 kali pelatihan	84
Gambar 4.8 Line chart akurasi pada 10 kali pelatihan.....	85
Gambar 4.9 (a) Bar chart loss terendah pada 10 kali pelatihan (b) bar chart akurasi tertinggi pada 10 kali pelatihan	87
Gambar 4.10 Visualiasi 3 channel nilai weight pada layer ke-1 fold indeks ke-3	88
Gambar 4.11 Bar chart perbandingan akurasi validasi tertinggi antara model Cuda-Convnet2 dengan Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016) pada 10 fold	89
Gambar 4.12 Line chart cost 10 kali validasi model Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016)	91
Gambar 4.13 Line chart cost pada 10 kali validasi model Cuda-Convnet 2 Krizhevsky (2011).....	91
Gambar 4.14 Bar chart pengujian akurasi model pada 10-fold cross validation ..	94
Gambar 4.15 Line chart perbandingan nilai cost pengujian setelah validasi dengan nilai cost validasi pada model CNN Chen, Wu, Hsieh & Fu (2016)	97
Gambar 4.16 Line chart perbandingan nilai cost pengujian setelah validasi dengan nilai cost validasi pada model cuda-convnet2	97
Gambar 5.1 Contoh data pada training set dataset Oxford	99
Gambar 5.2 Contoh data yang sudah di crop pada training set dataset Oxford	99
Gambar 5.3 Contoh hasil augmentasi pada data yang ada pada dataset NUS II	100
Gambar 5.4 Barchart loss pada 10-cross validation.....	101
Gambar 5.5 Barchart akurasi yang diperoleh pada 10-cross validation	101
Gambar 5.6 Visualiasi 3 channel nilai weight pada layer ke-1 fold indeks ke-1	102
Gambar 5.7 Visualiasi 3 channel nilai weight pada layer ke-2 fold indeks ke-1	102
Gambar 5.6 Barchart loss pengujian akurasi pada 10-cross validation	103
Gambar 5.7 Barchart hasil pengujian akurasi pada 10-cross validation	103

Gambar 5.8 Distance error berdasarkan euclidean distance pada DBSCAN dengan perubahan parameter minimum sample	105
Gambar 5.9 Distance error berdasarkan euclidean distance pada DBSCAN dengan perubahan parameter epsilon.....	106
Gambar 5.10 Distance error berdasarkan euclidean distance pada k-means dengan perubahan parameter k	107
Gambar 5.11 Distance error berdasarkan euclidean distance pada mean shift dengan perubahan parameter quantile.....	107
Gambar 5.12 Distance error berdasarkan coordinates distance pada DBSCAN dengan perubahan parameter minimum sample.....	109
Gambar 5.13 Distance error berdasarkan coordinates distance pada DBSCAN dengan perubahan parameter epsilon	109
Gambar 5.14 Distance error berdasarkan coordinates distance pada k-means dengan perubahan parameter k.....	110
Gambar 5.15 Distance error berdasarkan coordinates distance pada mean shift dengan perubahan parameter quantile.....	110
Gambar 5.16 Lokalisasi model pelacak tangan menggunakan DBSCAN dengan parameter epsilon = 0.2 dan minimum sample = 5	112
Gambar 5.17 Lokalisasi model pelacak tangan menggunakan DBSCAN dengan parameter epsilon = 0.5 dan minimum sample = 4	112
Gambar 5.18 Lokalisasi model pelacak tangan menggunakan k-means dengan parameter k = 3	113
Gambar 5.19 Lokalisasi model pelacak tangan menggunakan mean shift dengan parameter quantile = 0.5.....	113

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Akurasi	92
Tabel 4.2: Rata-rata akurasi dari validasi dan pengujian akurasi setelah validasi pada masing-masing model.....	94
Tabel 4.3: Rata-rata nilai cost dari validasi dan pengujian akurasi setelah validasi pada masing-masing model.....	96



UMN

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.3.1 Dot Product of Vector X and Vector W	15
Rumus 2.3.2 Weight Update	16
Rumus 2.7.1 Local Response Normalization	23
Rumus 2.8.1 Logistic Regression.....	25
Rumus 2.8.2 Softmax Regression	25
Rumus 2.8.3 Cross Entropy Loss	27
Rumus 2.8.4 Softmax Cross Entropy Loss.....	28
Rumus 2.9.1 Chain Rule and Product Rule for Logistic Regression.....	30
Rumus 2.11.1 Akurasi dari K-Fold Validation	32
Rumus 2.12.1 Error Average Leave One Out	33
Rumus 2.14.1 L2-Regularization in Cost Function	36
Rumus 2.14.2 Square of all Weight.....	36
Rumus 2.17.1 Mean Shift.....	40
Rumus 2.18.1.1 Evaluasi Node pada Decision Tree	42

UMMN