

**KOMPARASI ALGORITMA
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN
MULTI-LAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK
UNTUK IDENTIFIKASI ANGKA DAN HURUF
PADA TULISAN TANGAN**

TESIS



**Oleh
Bayu Aji Nugroho
1411601188**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDILLUHUR
JAKARTA
2016**

**KOMPARASI ALGORITMA
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN
MULTI-LAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK
UNTUK IDENTIFIKASI ANGKA DAN HURUF
PADA TULISAN TANGAN**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer (M. Kom)



Oleh
Bayu Aji Nugroho
1411601188

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDILLUHUR
JAKARTA
2016**



PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Mahasiswa : Bayu Aji Nugroho
Nomor Induk Mahasiswa : 1411601188
Konsentrasi : Rekayasa Komputasi Terapan
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Fakultas/Program :

Menyatakan bahwa Tesis yang berjudul :

komparasi Algoritma convolutional Neural Network
dengan Multilayer Perceptron Neural Network
untuk Identifikasi Angka dan Huruf Pada Tulisan Tangan

1. merupakan hasil karya tulis ilmiah sendiri dan bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik oleh pihak lain,
2. saya ijin untuk dikelola oleh Universitas Budi Luhur sesuai dengan norma hukum dan etika yang berlaku.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab dan saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai aturan yang berlaku apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 13 Agustus 2016



Bayu Aji Nugroho



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama Mahasiswa : Bayu Aji Nugroho
Nomor Induk Mahasiswa : 1411601188
Konsentrasi : Rekayasa Komputasi Terapan
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Judul Tesis : Komparasi Algoritma Convolutional Neural Network
Dengan Multilayer Perceptron Neural Network
Untuk Identifikasi Angka dan Huruf Pada Tulisan
Tangan

Jakarta, 13 Agustus 2016

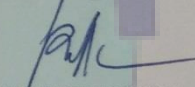
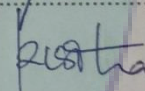
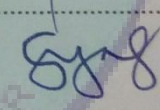
Tim Penguji

Ketua,
Dr. Ir. Nazori Az, M.T

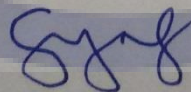
Anggota,
Rusdah M.Kom

Pembimbing Utama,
Dr. M. Syafrullah, M.Kom, M.Sc

Tanda Tangan


.....

.....

.....

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Komputer



(Dr. M. Syafrullah, M.Kom, M.Sc)

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan pesat kemampuan perangkat keras dalam melakukan komputasi dan semakin banyaknya *framework* dan *library* terkait dengan *Machine Learning* dan *intensive data processing*, mendorong untuk dilakukan penelitian dan kajian mengenai salah satu representasi dari *Machine learning* yaitu *Neural Network*. Dikarenakan terdapat sejumlah *case* pada *classification*, suatu algoritma belum tentu dianggap paling terbaik untuk mengatasi suatu permasalahan spesifik. Perlu dilakukan pembuktian melalui eksperimen untuk melihat tingkat akurasi dan kinerja dari sebuah algoritma. Pada penelitian ini diambil komparasi *Convolutional Neural Network* dan *Multilayer Perceptron* sebagai instrumentasi untuk melakukan eksperimen pada identifikasi digit angka dan karakter tulisan tangan. Tingkat akurasi dari *prediction* dan kecepatan pemrosesan *training* dan *testing* adalah subjek dari dasar untuk melakukan optimasi dan kontribusi pada penelitian dan kajian dari *Machine Learning* lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Convolutional Neural Network* membutuhkan waktu *training* yang lebih lama dari waktu *training* yang dibutuhkan oleh *Multilayer Perceptron*, namun tingkat akurasi yang diperoleh *Convolutional Neural Network* lebih baik daripada tingkat akurasi *Multilayer Perceptron*. Perbedaan waktu proses antara kedua algoritma cukup signifikan namun perbedaan tingkat akurasi kurang signifikan yaitu berkisar antara 0.01 – 0.03.

Kata Kunci : *Machine Learning*, *Intensive data processing*, *Neural Network*, *Convolutional Neural Network*, *Multilayer Perceptron*, Komparasi Algoritma, *Prediction*, *Akurasi*, *Performasi*.

ABSTRACT

Along with the rapid development of the hardware capabilities of doing computing and the proliferation of frameworks and libraries associated with the Machine Learning and intensive processing of data, encourage to do research and study on one representation of Machine learning which is the Neural Network. There are a number of cases in the classification, an algorithm is not necessarily the best to solve a specific problem. Proof through experimentation needs to be done to look at the accuracy and performance of an algorithm. In this study were drawn comparisons Convolutional and Multilayer Perceptron Neural Network as instrumentation to conduct experiments on the identification digits and handwritten characters. The accuracy of the prediction and processing speed training and testing is the subject of a base to perform optimization and contribute to the research and study of other Machine Learning. The results showed that Convolutional Neural Network training takes longer than the time required by the Multilayer Perceptron, but the level of accuracy obtained by Convolutional Neural Network is better than the accuracy of Multilayer Perceptron. The time difference between the two algorithms process is quite significant but less significant differences in the level of accuracy ranging from 0:01 to 0:03.

Keywords: Machine Learning, Data Intensive processing, Neural Network, Convolutional Neural Network, Multilayer Perceptron, Comparative Algorithms, Prediction, Accuracy, performance.

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum, WR, WB

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berbagai macam nikmat dalam hidup, kesehatan, dan umur panjang sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tecurah kepada Nabi Muhammad SAW. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan jenjang pendidikan S2 (Strata 2) Program Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur Jakarta.

Penyusunan tesis ini tidak dapat terlaksana dengan lancar tanpa dukungan dari berbagai pihak yang terkait. Rasa sukur penulis haturkan dengan mengucapkan banyak terimakasih kepada:

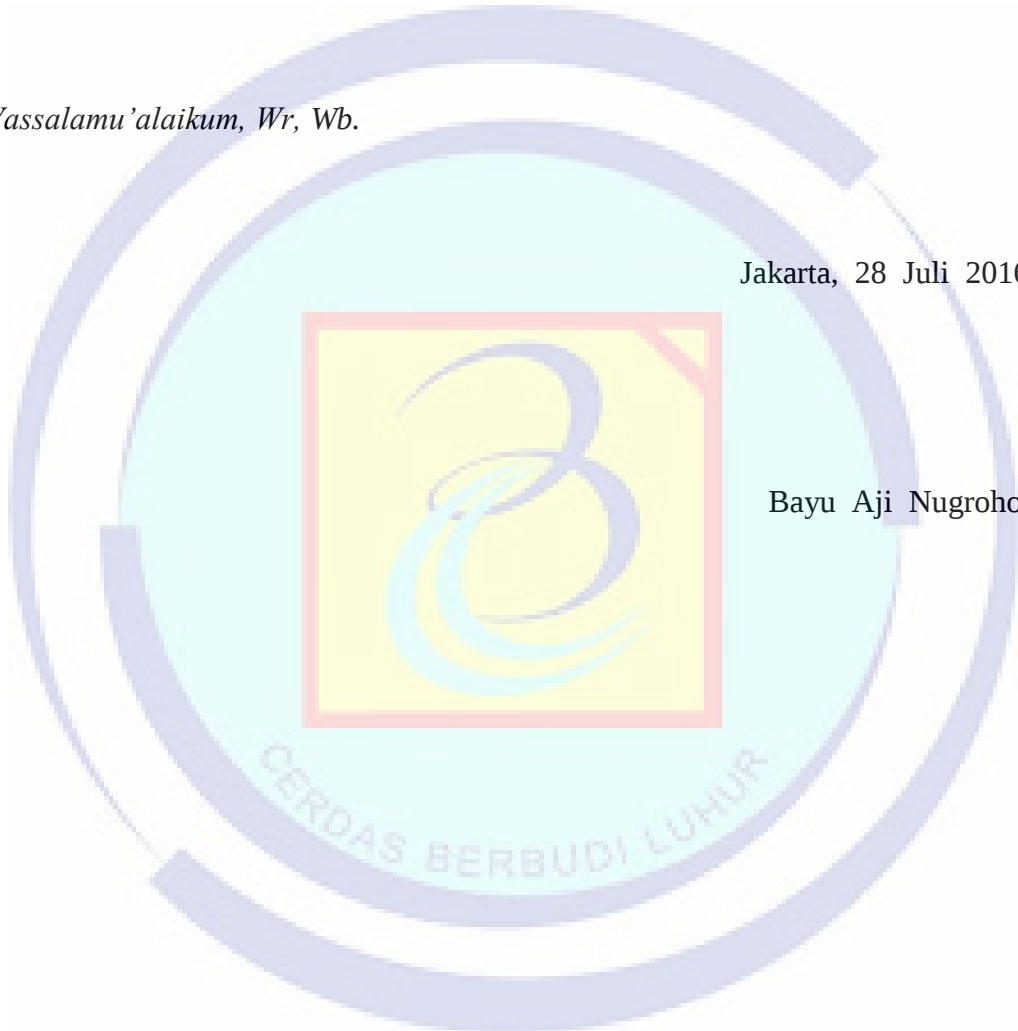
1. Orang tua dan keluarga senantiasa memberikan doa dan support yang tiada hentinya bagi penulis;
2. Bapak Dr. Sugiharto, M.Sc, M.Fin., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Budi Luhur.;
3. Bapak Dr. M. Syafrullah, M.Kom, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur dan Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, waktu dan perhatiannya selama proses penyusunan tesis;
4. Bapak/Ibu Dosen Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur;
5. Teman-teman sejawat MKOM kelas XB dan XL angkatan 2015 yang telah memberikan sharing pengetahuan dan masukan-masukan selama menempuh pendidikan bersama di Universitas Budi Luhur.
6. Pihak-pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT senantiasa membalas amal baik kita semua.

Penulis menyadari penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu penulis terbuka dan menyambut segala kritik dan saran yang membangun dan dapat menjadi masukan dari pengembangan selanjutnya. Akhir kata mohon maaf untuk segala kekurangan dan mempersembahkan manfaat dari tesis ini, semoga tesis yang penulis susun ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Wassalamu'alaikum, Wr, Wb.

Jakarta, 28 Juli 2016

Bayu Aji Nugroho



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Masalah Penelitian	2
1.2.1. Identifikasi Masalah	2
1.2.2. Pembatasan Masalah	3
1.2.3. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1. Tujuan Penelitian	3
1.3.2. Manfaat Penelitian	4
1.4. Tata Urut Penulisan	4
BAB II. LANDASAN TEORI DAN KERANGKA KONSEP/PEMIKIRAN	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.1.1. <i>Machine Learning</i>	6
2.1.1.1. <i>Komponen Mechine Learning</i>	7
2.1.1.2. <i>Supervised Learning dan Unsupervised Learning</i> ...	9
2.1.2. <i>Deep Learning</i>	10
2.1.3. <i>Artificial Neural Network</i>	11
2.1.3.1. <i>Gambaran Umum Jaringan Artificial Neural Network..</i>	11
2.1.3.2. <i>Fungsi Aktivasi</i>	14
2.1.3.3. <i>Fitting dan Overfitting</i>	18
2.1.4. <i>Convolutional Neural Network</i>	19
2.1.4.1. <i>Konsep Dasar Convolutional Neural Network</i>	20
	22

2.1.4.2. <i>Sparse Connectivity</i>	22
2.1.4.3. <i>ReLU layer</i>	23
2.1.4.4. <i>Full Model</i>	23
2.1.4.5. Algoritma Convolutional	25
2.1.5. <i>Multi-layer Perception</i>	25
2.1.5.1. Training MLP Menggunakan <i>Back-propagation</i>	33
2.1.6. <i>Confusion Matrix</i>	34
2.1.7. Cross Validation	35
2.1.8. Bahasa Pemrograman Python	36
2.1.9. Teknik Sampling	42
2.2. Tinjauan Studi	48
2.3. Rangkuman Tinjauan Studi	53
2.4. Tinjauan Objek Penelitian	54
2.5. Kerangka Konsep/Pola Pikir Pemecahan Masalah	55
2.6. Hipotesis Penelitian	
BAB III. METODOLOGI DAN RANCANGAN/DESAIN PENELITIAN	56
3.1. Metode Penelitian	56
3.2. Sampling/Metode Pemilihan Sampel	56
3.3. Metode Pengumpulan Data	58
3.4. Preprocessing Data Sample OCR	60
3.5. Instrumentasi	60
3.6. Teknik Analisis dan Pengujian Data	61
3.7. Langkah Penelitian	63
3.8. Jadwal Penelitian	64
BAB IV. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	65
4.1. Hasil Penelitian	65
4.1.1. Multilayer Perceptron	65
4.1.2. Convolution Neural Network	75
4.2. Pembahasan Penelitian	84
BAB V PENUTUP	89

5.1. Kesimpulan	89
5.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	93
RIWAYAT HIDUP SINGKAT	148



DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1	: Skema <i>Maching Learning</i> secara umum	6
Gambar II-2	: <i>Supervised vs Unsupervised Learning</i>	9
Gambar II-3	: Sistem Syaraf	11
Gambar II-4	: Model <i>Artificial Neural Network</i>	12
Gambar II-5	: <i>Clustered Artificial Neural Network</i>	13
Gambar II-6	: Fungsi Identitas	14
Gambar II-7	: Fungsi Tangga Biner	15
Gambar II-8	: Fungsi Tangga Bipolar.....	16
Gambar II-9	: Fungsi Sigmoid Biner	17
Gambar II-10	: Fungsi Sigmoid Bipolar	18
Gambar II-11	: <i>Neuron</i> (berwarna biru) dari sebuah <i>convolutional layer</i> terkoneksi pada <i>receptive field</i> (Alonso, 2008)	20
Gambar II-12	: <i>Weights</i> di bagi pakai/ <i>shared</i> diantara <i>connection</i> antar <i>neurons</i>	21
Gambar II-13	: <i>Ilustrasi max pooling</i> , nilai terbesar diambil	21
Gambar II-14	: <i>Sparse connectivity</i> yang bertanggung jawab terhadap <i>behavior</i> dari <i>receptive field</i>	22
Gambar II-15	: layer-layer terkoneksi sepenuhnya (<i>fully connected</i>)	23
Gambar II-16	: Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i>	25
Gambar II-17	: Arsitektur Backpropagation	27
Gambar II-18	: Confusion Matrix	33
Gambar II-19	: Populasi dan Sample	37
Gambar II-20	: Kerangka Pemikiran	54
Gambar III-1	: Cross Validation	57
Gambar III-2	: Langkah-langkah Penelitian	63
Gambar IV-1	: Grafik Training history Train Loss vs valid loss	66
Gambar IV-2	: Hasil Confusion Matrix	67
Gambar IV-3	: Grafik Training history Train Loss vs valid loss	69

Gambar IV-4	: Visualisasi Confusion Matrix	70
Gambar IV-5	: Grafik Training history Train Loss vs valid loss	72
Gambar IV-6	: Visualisasi Confusion Matrix	73
Gambar IV-7	: Grafik Training history Train Loss vs valid loss	75
Gambar IV-8	: Visualisasi Confusion Matrix	76
Gambar IV-9	: Grafik Training history Train Loss vs valid loss	78
Gambar IV-10	: Visualisasi Confusion Matrix	79
Gambar IV-11	: Grafik Training history Train Loss vs valid loss	81
Gambar IV-12	: Visualisasi Confusion Matrix	82
Gambar IV-13	: Flowchart Program Komparasi	84
Gambar IV-1	: Tampilan User Interface Training & Plot Data.....	88
Gambar IV-15	: Tampilan User Interface Training	88

DAFTAR TABEL

Tabel II-1	: Tiga Komponen <i>Learning Algorithm</i>	8
Tabel II-2	: Tinjauan Studi	49
Tabel III-1	: Sampling data	57
Tabel III-2	: Kinerja dan Akurasi Model Hasil <i>Training</i>	62
Tabel III-3	: Jadwal Penelitian.....	64
Tabel IV-1	: Cross Validation 1	65
Tabel IV-2	: Hasil Training MLP	65
Tabel IV-3	: Confusion Matrix	66
Tabel IV-4	: Confusion Matrik	67
Tabel IV-5	: Classification Report	68
Tabel IV-6	: Visualisasi Tes data	68
Tabel IV-7	: Cross Validation 2	68
Tabel IV-8	: Hasil Training MLP	69
Tabel IV-9	: Confusion Matrik	70
Tabel IV-10	: Confusional Matrix	71
Tabel IV-11	: Classification Report	71
Tabel IV-12	: Visualisasi tes data	71
Tabel IV-13	: Cross Validation 3	72
Tabel IV-14	: Hasil Training	72
Tabel IV-15	: Confusion Matrix	73
Tabel IV-16	: Confusion Matrix	74
Tabel IV-17	: Clasiification Report	74
Tabel IV-18	: Visualisasi tes data	74
Tabel IV-19	: Cross Validation	75
Tabel IV-20	: Hasil Training	75
Tabel IV-21	: Confusion Matrix	76
Tabel IV-22	: Confusion Matrix	77
Tabel IV-23	: Classification Report	77

Tabel IV-24 : Visualisasi tes data	77
Tabel IV-25 : Cross Validation 2	78
Tabel IV-26 : Hasil Training	78
Tabel IV-27 : Confusion Matrix	79
Tabel IV-28 : Confusion Matrix	80
Tabel IV-29 : Classification Report	80
Tabel IV-30 : Visualisasi tes data	80
Tabel IV-31 : Cross Validation 3	81
Tabel IV-32 : Hasil Training	82
Tabel IV-33 : Confusion Matrix	83
Tabel IV-34 : Confusion Matrix	83
Tabel IV-35 : Classification Matrix	83
Tabel IV-36 : Visualisasi tes data	85
Tabel IV-37 ; Layer model MLP	85
Tabel IV-38 : Layer model convolutional neural network	85
Tabel IV-39 : Komparasi MLP dan CNN - cross validation 1.....	85
Tabel IV-40 : Komparasi MLP dan CNN dengan cross validation 2	86
Tabel IV-41 : Komparasi MLP dan CNN dengan cross validation 3	87
Table IV-42 : Rangkuman komparasi MLP dan Convnet	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	:		93
Lampiran 2	:		124
Lampiran 3	:		129



DAFTAR PUSTAKA

- Ainun. J., M. Isa. Irawan., dan Imam. M., 2011, Pengenalan Pola Tanda tangan Menggunakan Metode Moment Invariant dan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function (RBF), Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Yogyakarta.
- Alonso J.M and Chen, Y. 2009, 'Receptive field', *Scholarpedia* 4 (1): 5393, viewed 20 April 2016, <http://www.scholarpedia.org/article/receptive_field>.
- Alsmadi, M.K.S, Omar, K., & Noah, S.A. 2009, Back Propagation Algorithm: The Best Algorithm Among the Multi-layer Perceptron Algoritma, *International Journal of Computer Science and Network Security*, 9 (4), PP:378-383.
- Arief, Hermawan. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan*, Penerbit: Andi Offset, Yogyakarta, Indonesia.
- Dini, Triasanti. 2015, Konsep Dasar Phyton, viewed 20 April 2016, <<http://andriyani.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/41293/KONSEP+DASAR+PYTHON.pdf>>.
- Djarwanto. 1994, *Pokok-pokok Metode Riset dan Bimbingan Teknis Penulisan Skripsi*. Yogyakarta: Liberty.
- Giacomo.Tattoli. 2015, Brain Computer Interfaces BCI, viewed 20 April 2016, <http://white.stanford.edu/teach/index.php/An_Introduction_to_Convolutional_Neural_Networks>.
- Han, J. And Kamber, M, 2012, "Data Mining Concept and Techniques Second Edition". Morgan Kauffman, SanFrancisco.
- Hassan, R., Mohammed ,A., Janati ,I., Youssef, G., Mohamed, E. 2016, Multilayer Perceptron: Architecture Optimization and Training, *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, Vol. 4, N°1, University Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fez, Morocco.
- Hubel, D. H. and Wiesel, T. N. 1959, Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex, *J. Physiol.*, 148:574-591.
- Lisa, Lab. 2015, *Deep Learning Tutorial*, Release 0.1, University of Montreal, Canada.
- Kisku, D.R., Gupta, P. & Sing, J.K., 2010, *Offline Signature Identification by Fusion of Multiple Classifier Using Statistical learning Theory*, International Journal of Security and Its Application, Vol. 2(1), pp.1-6.
- Negnevitsky,M. 2005, *Artifial Intelligence: a Guide to Intelligent System*, 2nd edition.
- Pfeifer, R. and Scheier, C. 2000. *Addison Wesley, Harlow, England*.
- Nur. Iis, 2013, *Sistem Saraf Pada Manusia*, Sekolah Tinggi Farmasi, Bandung.
- Robert, Schapire,. 2008. *Theoretical Machine Learning*, Massachusetts Institute of Technology, Brown University.