

DETEKSI EJAAN BERDASARKAN SINYAL P300 DENGAN
ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh :

Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom

NIM : 09021381823101

Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DETEKSI EJAAN BERDASARKAN SINYAL P300 DENGAN
ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Oleh :

Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom

NIM : 09021381823101

Palembang, 31 Desember 2021

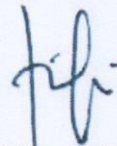
Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003

Pembimbing



Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

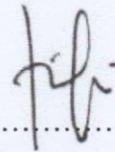
TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI

Pada hari Kamis tanggal 30 Desember 2021 telah dilaksanakan ujian sidang skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom
NIM : 09021381823101
Judul : Deteksi Ejaan berdasarkan Sinyal P300 dengan Algoritma
Convolutional Neural Network (CNN)

1. Pembimbing

Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004.



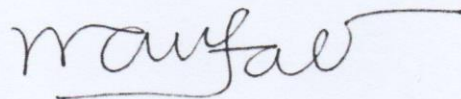
2. Penguji I

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003



3. Penguji II

Muhammad Naufal Rachmatullah, M.T.
NIP. 1671060112920006



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003



HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom
NIM : 09021381823101
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Deteksi Ejaan berdasarkan Sinyal P300 dengan Algoritma
Convolutional Neural Network (CNN)

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 6%

Menyatakan bahwa Laporan Proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 31 Desember 2021



Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom
NIM. 09021381823101

MOTTO DAN PERESEMBAHAN

*"Sukseskanlah dirimu agar dapat membahagiakan dirimu sendiri dan orang lain,
termasuk kedua orang tuamu"*

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya"

(Q.S Al-Baqarah: 286)

*"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan."*

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

"Follow Your Dreams"

(StratUp)

"Usaha dan kerja keras tidak akan pernah mengkhianati hasil"

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- ***Orang tua dan kakak Saya***
- ***Keluarga besar***
- ***Sahabat dan Teman-teman Saya***
- ***Dosen Pembimbing dan Penguji***
- ***Sahabat dan teman seperjuangan***
- Teknik Informatika***
- ***Fakultas Ilmu Komputer***
- ***Universitas Sriwijaya***

**SPELLING DETECTION BASED ON P300 SIGNAL WITH
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) ALGORITHM**

By:

**Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom
09021381823101**

ABSTARCT

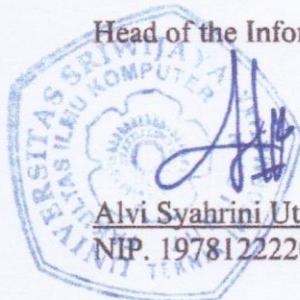
Brain Computer Interface (BCI) is a system that connects the human brain with the outside world for people who have motor skills disability problems. One form of utilization is the P300 speller which is used for character recognition or detection by classifying the P300 signal. The Convolutional Neural Network (CNN) method is a deep learning method that can be used to handle signal problems with ID-CNN. At the initial stage the data signal will be transformed and followed by a duplication process using RandomOverSampling because the amount of data in each class is not balanced. The data will be divided into training, validation, and test data. After that, a training with CNN will be conducted and followed by an evaluation to find the best model. The test results from this study are a good-fitting CNN model with an evaluation value consisting of an accuracy of 94.27%, precision of 90.64%, sensitivity / recall of 98.30%, and f-measure of 94.31%. Based on the test, the CNN method can be used and implemented in authentication detection based on the P300 signal.

Keywords : Spelling Detection, P300 Signal, Convolutional Neural Network, Deep Learning

Palembang, 31 December 2021

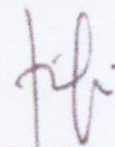
Approve,

Head of the Informatc Engineering Department



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 19781222006042003

Supervisor



Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

DETEKSI EJAAN BERDASARKAN SINYAL P300 DENGAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Oleh:

Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom
09021381823101

ABSTRAK

Brain Computer Interface (BCI) merupakan sistem yang menjadi penghubung antara otak manusia dengan dunia luar bagi orang yang memiliki masalah disabilitas kemampuan motoriknya. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah P300 *speller* yang digunakan untuk pengenalan karakter atau deteksi ejaan dengan melakukan klasifikasi terhadap sinyal P300. Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan metode *deep learning* yang dapat digunakan untuk meangani permasalahan sinyal dengan ID-CNN. Pada tahap awal data sinyal akan ditransformasi dan dilanjutkan dengan proses duplikasi menggunakan *RandomOverSampling* dikarenakan jumlah data pada tiap kelas tidak seimbang. Data akan dibagi menjadi data latih, validasi, dan uji. Setelah itu, akan dilakukan pelatihan dengan CNN dan dilanjutkan dengan evaluasi untuk menemukan model terbaik. Hasil pengujian dari penelitian ini berupa model CNN yang *goodfitting* dengan nilai evaluasi yang terdiri dari *accuracy* sebesar 94,27%, *precision* sebesar 90,64%, *sensitivity / recall* sebesar 98,30%, dan *f-measure* sebesar 94,31%. Berdasarkan hasil pengujian, metode CNN dapat digunakan dan diimplementasikan pada deteksi ejaan berdasarkan sinyal P300.

Kata Kunci : Deteksi Ejaan, Sinyal P300, *Convolutional Neural Network*, *Deep Learning*

Palembang, 31 Desember 2021

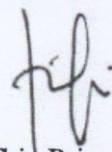
Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003

Pembimbing



Rifkie Primartha, M.T.
NIP. 197706012009121004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini dengan baik. Penelitian tugas akhir dengan judul "Deteksi Ejaan berdasarkan Sinyal P300 dengan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)" ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan program Strata-1 pada Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer di Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, bimbingan, kerjasama dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Pihak-pihak tersebut yaitu :

1. Ayah penulis Kgs. M. Khairun, S.E., ibu penulis Rustinah HR, S.E., M.Si., dan kakak penulis Kgs. M. Rusdandi Amali Rizki, S.T., serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan serta motivasi sepenuhnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
2. Bapak Jaidan Jauhari, M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Ibu Alvi Syahrini, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika, dan Ibu Mastura Diana Marieska, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika.
3. Bapak Rifkie Primartha, M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan saran dan kritik yang membangun untuk saya serta membantu dan membimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Bapak Rifkie Primartha, M.T. selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan bimbingan, saran, dan nasihat mengenai kegiatan akademik selama berkuliah di Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. selaku dosen penguji I dan Bapak Muhammad Naufal Rachmatullah, M.T. selaku dosen penguji II yang telah memberikan saran, kritik, serta bantuan dalam tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama kegiatan akademik berlangsung.
7. Mbak Wiwin Juliani dan Kak Ricy Firnando selaku admin Jurusan Teknik Informatika dan seluruh pegawai Fakultas Ilmu Komputer yang telah membantu dalam kelancaran proses administrasi dan akademik selama masa perkuliahan.
8. Kak Elsen Envansen, Kak Rizq Khairi Yazid, Kak Aisyah Filzah Aliyah, Kak Bunga Ayu Ferdianti, Kak Wiwik Anum Puspita, dan kakak tingkat lainnya yang telah membantu dan membimbing penulis selama proses kegiatan penyusunan tugas akhir dan kegiatan perkuliahan selama ini.
9. Pratama Yanuarta, Hafiz Shafwan Rafa, Denta Mustofa, Ucok Rahmat Hidayat, Rachman Dimas Saputra, Raisha Fatiya, Pretty Fujianti Febrivia, teman-teman kelas TIBIL A, dan seluruh teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Informatika yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berbagi suka duka, cerita, motivasi, semangat, dan hiburan selama masa perkuliahan.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini di Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan disebabkan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kemajuan penelitian selanjutnya. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, Desember 2021



Kgs. M. Rusdiansyah Muharrom

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERESEMBAHAN	v
ABSTARCT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan.....	I-1
1.2 Latar Belakang.....	I-1
1.3 Rumusan Masalah.....	I-4
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-5
1.6 Batasan Masalah	I-5
1.7 Sistematika Penulisan	I-5
1.8 Kesimpulan	I-7
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan.....	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1

2.2.1	Klasifikasi	II-1
2.2.2	Sinyal P300	II-2
2.2.3	<i>Random Oversampling</i>	II-5
2.2.4	<i>Convolutional Neural Network</i>	II-5
2.2.4.1	<i>1D Convolutional Neural Network (1D-CNN)</i> ...	II-6
2.2.4.2	<i>Convolutional Layer</i>	II-8
2.2.4.3	<i>Pooling Layer</i>	II-11
2.2.4.4	<i>Fully Connected Layer</i>	II-12
2.2.4.5	Fungsi Aktivasi	II-13
2.2.4.6	Fungsi <i>Loss</i>	II-15
2.2.5	Evaluasi Model	II-15
2.2.6	Model <i>Waterfall</i>	II-17
2.3	Penelitian Terkait.....	II-19
2.3.1	Klasifikasi Sinyal EEG menggunakan <i>Support Vector Machine (SVM)</i> untuk Deteksi Kebohongan.....	II-20
2.3.2	<i>P300 based character recognition using sparse autoencoder with ensemble of SVMs</i>	II-20
2.3.3	Klasifikasi Sinyal EEG pada Sistem BCI Pergerakan Jari Manusia menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> ...	II-21
2.4	Kesimpulan	II-22
BAB III METODELOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Pendahuluan.....	III-1
3.2	Pengumpulan Data.....	III-1
3.2.1	Jenis Data	III-1
3.2.2	Sumber Data.....	III-2
3.2.3	Metode Pengumpulan Data.....	III-2
3.3	Tahapan Penelitian.....	III-2
3.3.1	Arsitektur Jaringan CNN	III-5
3.3.2	Kerangka Kerja	III-7
3.3.3	Kriteria Pengujian	III-16

3.3.4	Format Data Pengujian.....	III-16
3.3.5	Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian	III-17
3.3.6	Pengujian Penelitian.....	III-17
3.3.7	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-18
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak.....	III-19
3.4.1	Fase Analisis	III-19
3.4.2	Fase Desain	III-19
3.4.3	Fase Pengkodean atau Implementasi	III-20
3.4.4	Fase Pengujian	III-20
3.5	Manajemen Proyek Penelitian	III-20
 BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....		IV-1
4.1	Pendahuluan.....	IV-1
4.2	Fase Analisis	IV-1
4.2.1	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	IV-1
4.2.2	Analisis Data	IV-2
4.2.3	Analisis <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	IV-3
4.2.4	Analisis Pengujian dengan <i>Confusion Matrix</i>	IV-3
4.3	Fase Desain	IV-4
4.3.1	<i>Use Case Diagram</i>	IV-5
4.3.2	<i>Activity Diagram</i>	IV-14
4.3.3	<i>Sequence Diagram</i>	IV-21
4.3.4	<i>Class Diagram</i>	IV-24
4.3.5	Perancangan Desain Antarmuka	IV-25
4.4	Fase Pengkodean atau Implementasi	IV-27
4.4.1	Implementasi Kelas.....	IV-27
4.4.2	Implementasi Antarmuka.....	IV-29
4.5	Fase Pengujian	IV-32
4.5.1	Rencana Pengujian.....	IV-32
4.5.2	Pengujian.....	IV-35

4.6 Kesimpulan	IV-45
----------------------	-------

BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN.....	V-1
--	-----

5.1 Pendahuluan.....	V-1
5.2 Data Hasil Percobaan/Penelitian.....	V-1
5.2.1 Konfigurasi Percobaan.....	V-1
5.2.2 Data Hasil Konfigurasi 1.....	V-2
5.2.3 Data Hasil Konfigurasi 2.....	V-3
5.2.4 Data Hasil Konfigurasi 3.....	V-5
5.2.5 Data Hasil Konfigurasi 4.....	V-7
5.2.6 Data Hasil Konfigurasi 5.....	V-8
5.2.7 Data Hasil Konfigurasi 6.....	V-10
5.2.8 Data Hasil Konfigurasi 7.....	V-12
5.2.9 Data Hasil Konfigurasi 8.....	V-13
5.2.10 Data Hasil Konfigurasi 9.....	V-15
5.2.11 Data Hasil Konfigurasi 10.....	V-17
5.2.12 Data Hasil Konfigurasi 11.....	V-18
5.2.13 Data Hasil Konfigurasi 12.....	V-20
5.3 Analisis Hasil Penelitian	V-22
5.4 Kesimpulan	V-27

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
-----------------------------------	------

6.1 Kesimpulan	VI-1
6.2 Saran	VI-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II-1. <i>Confussion Matrix Binary Class</i>	II-16
Tabel III-1. Arsitektur 1D-CNN dan <i>Hyperparameter</i> yang Diusulkan.	III-5
Tabel III-2. Penjelasan Isi Dataset.	III-11
Tabel III-3. Rancangan Nilai Evaluasi Model	III-17
Tabel III-4. Rancangan Hasil Pengujian.....	III-18
Tabel III-5. Perencanaan Penelitian dalam bentuk <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS)	III-21
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non Fungsional	IV-2
Tabel IV-3. Contoh <i>Confusion Matrix</i>	IV-4
Tabel IV-4. Definisi Aktor <i>Use Case</i>	IV-6
Tabel IV-5. Definisi <i>Use Case</i>	IV-6
Tabel IV-6. Skenario <i>Use Case</i> melakukan <i>Load</i> dan <i>Preprocessing</i> Data.....	IV-7
Tabel IV-7. Skenario <i>Use Case</i> melakukan <i>Train</i> Data dengan Algoritma CNN	IV-8
Tabel IV-8. Skenario <i>Use Case</i> menampilkan Plot Akurasi.....	IV-9
Tabel IV-9. Skenario <i>Use Case</i> menampilkan Plot <i>Loss</i>	IV-10
Tabel IV-10. Skenario <i>Use Case</i> menyimpan Model	IV-11
Tabel IV-11. Skenario <i>Use Case</i> melakukan Evaluasi Model dengan <i>Confusion</i> <i>Matrix</i>	IV-12
Tabel IV-12. Skenario <i>Use Case</i> menampilkan Plot <i>Confusion Matrix</i>	IV-14
Tabel IV-13. Implementasi Kelas	IV-28
Tabel IV-14. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> melakukan <i>Load</i> dan <i>Preprocessing</i> Data.....	IV-32
Tabel IV-15. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> melakukan <i>Train</i> Data dengan Algoritma CNN.....	IV-33
Tabel IV-16. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> menampilkan Plot Akurasi	IV-33

Tabel IV-17. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> menampilkan Plot <i>Loss</i>	IV-33
Tabel IV-18. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> menyimpan Model.....	IV-34
Tabel IV-19. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> melakukan Evaluasi Model dengan <i>Confusion Matrix</i>	IV-34
Tabel IV-20. Rencana Pengujian Perangkat Lunak <i>Use Case</i> menampilkan Plot <i>Confusion Matrix</i>	IV-35
Tabel IV-21. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> melakukan <i>Load</i> dan <i>Preprocessing</i> Data	IV-36
Tabel IV-22. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> melakukan <i>Train</i> Data dengan Algoritma CNN.....	IV-37
Tabel IV-23. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> menampilkan Plot Akurasi.....	IV-39
Tabel IV-24. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> menampilkan Plot <i>Loss</i>	IV-40
Tabel IV-25. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> menyimpan Model	IV-41
Tabel IV-26. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> melakukan Evaluasi Model dengan <i>Confusion Matrix</i>	IV-42
Tabel IV-27. Hasil Pengujian <i>Use Case</i> menampilkan Plot <i>Confusion Matrix</i>	IV-44
Tabel V-1. Hasil Evaluasi Model 1	V-3
Tabel V-2. Hasil Evaluasi Model 2	V-5
Tabel V-3. Hasil Evaluasi Model 3	V-6
Tabel V-4. Hasil Evaluasi Model 4	V-8
Tabel V-5. Hasil Evaluasi Model 5	V-10
Tabel V-6. Hasil Evaluasi Model 6	V-11
Tabel V-7. Hasil Evaluasi Model 7	V-13
Tabel V-8. Hasil Evaluasi Model 8	V-15
Tabel V-9. Hasil Evaluasi Model 9	V-16
Tabel V-10. Hasil Evaluasi Model 10	V-18
Tabel V-11. Hasil Evaluasi Model 11	V-20
Tabel V-12. Hasil Evaluasi Model 12	V-21
Tabel V-13. Hasil Pengujian	V-22

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II-1. P300 <i>Speller Matrix</i> (Kundu and Ari 2019).....	II-3
Gambar II-2. Arsitektur CNN (Kiranyaz et al. 2021).....	II-6
Gambar II-3. Contoh arsitektur 1D-CNN dengan 3 lapisan CNN dan 2 lapisan MLP (Kiranyaz et al. 2021).	II-8
Gambar II-4. Proses konvolusi 1 dimensi pada fitur input dengan filter berukuran 3 (Pérez-Enciso and Zingaretti 2019)	II-9
Gambar II-5. Proses konvolusi 1 dimensi dengan 1 <i>padding</i> dan 3 <i>stride</i>	II-9
Gambar II-6. Operasi <i>max pooling</i> 1 dimensi (Kuo and Huang 2018).....	II-11
Gambar II-7. Contoh Jaringan <i>Multi Layer Perceptron</i> (Mohamed et al. 2015)..	II-13
Gambar II-8. Grafik fungsi aktivasi <i>ReLU</i> (Ilahiyah and Nilogiri 2018).	II-14
Gambar II-9. Grafik fungsi <i>Sigmoid</i> (Julpan, Nababan, and Zarlis 2015).....	II-15
Gambar II-10. Ilustrasi Model Waterfall (Bassil 2012).....	II-17
Gambar III-1. Diagram Tahapan Penelitian.....	III-3
Gambar III-2. Diagram Kerangka Kerja Penelitian	III-8
Gambar III-3. Proses CRISP-DM Penelitian (Maia et al. 2013).	III-9
Gambar III-4. Contoh Sinyal Target dan Non-Target	III-13
Gambar IV-1. Contoh Nilai Hasil Evaluasi.....	IV-4
Gambar IV-2. <i>Use Case Diagram</i>	IV-5
Gambar IV-3. <i>Activity Diagram</i> melakukan <i>Load</i> dan <i>Preprocessing</i> Data.....	IV-15
Gambar IV-4. <i>Activity Diagram</i> melakukan <i>Train</i> Data dengan Algoritma CNN	IV-16
Gambar IV-5. <i>Activity Diagram</i> menampilkan Plot Akurasi	IV-17
Gambar IV-6. <i>Activity Diagram</i> menampilkan Plot <i>Loss</i>	IV-18
Gambar IV-7. <i>Activity Diagram</i> menyimpan Model.....	IV-19

Gambar IV-8. <i>Activity Diagram</i> melakukan Evaluasi Model dengan <i>Confusion Matrix</i>	IV-20
Gambar IV-9. <i>Activity Diagram</i> menampilkan Plot <i>Confusion Matrix</i>	IV-20
Gambar IV-10. <i>Sequence Diagram</i> melakukan <i>Load</i> dan <i>Preprocessing</i> Data..	IV-21
Gambar IV-11. <i>Sequence Diagram</i> melakukan <i>Train</i> Data dengan Algoritma CNN	IV-21
Gambar IV-12. <i>Sequence Diagram</i> menampilkan Plot Akurasi	IV-22
Gambar IV-13. <i>Sequence Diagram</i> menampilkan Plot <i>Loss</i>	IV-22
Gambar IV-14. <i>Sequence Diagram</i> menyimpan Model.....	IV-23
Gambar IV-15. <i>Sequence Diagram</i> melakukan Evaluasi Model dengan <i>Confusion Matrix</i>	IV-23
Gambar IV-16. <i>Sequence Diagram</i> menampilkan Plot <i>Confusion Matrix</i>	IV-24
Gambar IV-17. <i>Class Diagram</i>	IV-24
Gambar IV-18. Rancangan Antarmuka Halaman <i>Train</i> dan <i>Load Data</i>	IV-25
Gambar IV-19. Rancangan Antarmuka <i>Plot Training and Validation Accuracy</i>	IV-25
Gambar IV-20. Rancangan Antarmuka <i>Plot Training and Validation Los</i>	IV-26
Gambar IV-21. Rancangan Antarmuka Halaman Evaluasi Model	IV-26
Gambar IV-22. Rancangan Antarmuka <i>Plot Confusion Matrix</i>	IV-27
Gambar IV-23. Tampilan Halaman <i>Train</i> dan <i>Load Data</i>	IV-29
Gambar IV-24. Tampilan <i>Plot Training and Validation Accuracy</i>	IV-30
Gambar IV-25. Tampilan <i>Plot Training and Validation Loss</i>	IV-30
Gambar IV-26. Tampilan Halaman Evaluasi Model.....	IV-31
Gambar IV-27. Tampilan <i>Plot Confusion Matrix</i>	IV-31
Gambar V-1. <i>Plot Training and Validation Accuracy</i> Model 1	V-2
Gambar V-2. <i>Plot Training and Validation Loss</i> Model 1	V-2
Gambar V-3. <i>Plot Confusion Matrix</i> Model 1	V-3
Gambar V-4. <i>Plot Training and Validation Accuracy</i> Model 2	V-4
Gambar V-5. <i>Plot Training and Validation Loss</i> Model 2	V-4

Gambar V-6. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 2.....	V-4
Gambar V-7. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 3	V-5
Gambar V-8. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 3	V-6
Gambar V-9. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 3.....	V-6
Gambar V-10. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 4	V-7
Gambar V-11. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 4.....	V-7
Gambar V-12. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 4.....	V-8
Gambar V-13. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 5	V-9
Gambar V-14. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 5	V-9
Gambar V-15. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 5.....	V-9
Gambar V-16. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 6	V-10
Gambar V-17. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 6.....	V-11
Gambar V-18. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 6.....	V-11
Gambar V-19. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 7	V-12
Gambar V-20. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 7	V-12
Gambar V-21. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 7	V-13
Gambar V-22. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 8	V-14
Gambar V-23. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 8.....	V-14
Gambar V-24. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 8.....	V-14
Gambar V-25. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 9	V-15
Gambar V-26. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 9.....	V-16
Gambar V-27. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 9.....	V-16
Gambar V-28. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 10	V-17
Gambar V-29. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 10.....	V-17
Gambar V-30. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 10.....	V-18
Gambar V-31. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 11	V-19
Gambar V-32. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 11	V-19
Gambar V-33. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 11	V-19
Gambar V-34. Plot <i>Training and Validation Accuracy</i> Model 12	V-20
Gambar V-35. Plot <i>Training and Validation Loss</i> Model 12.....	V-21
Gambar V-36. Plot <i>Confusion Matrix</i> Model 12.....	V-21

Gambar V-37. Grafik Perbandingan <i>Accuracy</i> Seluruh Model.....	V-23
Gambar V-38. Grafik Perbandingan <i>Precision</i> Seluruh Model	V-23
Gambar V-39. Grafik Perbandingan <i>Sensitivity / Recall</i> Seluruh Model.....	V-24
Gambar V-40. Grafik Perbandingan <i>F-Measure</i> Seluruh Model.....	V-24
Gambar V-41. Arsitektur dan <i>Hyperparamter</i> Model Terbaik	V-26

DAFTAR LAMPIRAN

1. *Source Code Program*
2. Hasil Cek Plagiat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab pendahuluan akan membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian dengan topik “Deteksi Ejaan berdasarkan Sinyal P300 dengan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)”.

1.2 Latar Belakang

Manusia merupakan makhluk hidup yang setiap hari selalu melakukan aktivitas. Otak merupakan suatu organ penting di dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk mengontrol setiap aktivitas yang dilakukan manusia tersebut, baik dalam keadaan sadar maupun tidak sadar. Salah satu aktivitas yang dikendalikan oleh otak adalah berbicara dan bergerak. Namun, apabila kemampuan berbicara dan bergerak tersebut tidak lagi berfungsi dengan baik dapat mengganggu aktivitas manusia.

Pada bidang kesehatan, implementasi pengolahan bio-sinyal seperti *electrocardiography* (ECG), *electromyography* (EMG), dan *electroencephalography* (EEG) memberikan banyak manfaat. Sinyal EEG dapat digunakan dalam rehabilitasi pasien yang terdapat masalah dengan gangguan motorik neural (Widadi, Widodo, and Zulherman 2020). Sinyal EEG digunakan dalam penelitian mengenai aktivitas otak. Sinyal EEG membawa informasi penting

dalam penelitian mengenai fungsi otak dan gangguan neurologis (Halchenko, Hanson, and Pearlmutter 2005). Pengukuran sinyal otak menggunakan EEG dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu invasif dan non-invasif. Pada pengukuran secara invasif, elektroda akan diletakan dibagian permukaan otak, tetapi pengukuran ini akan memakan biaya yang mahal. Pada pengukuran non-invasif, elektroda akan diletakan dipermukaan kulit kepala. Pengukuran dengan cara ini lebih disukai karena lebih murah dan aman. Sinyal P300 merupakan bagian dari sinyal EEG yang termasuk ke dalam *Event Related Potential* (ERP). Sinyal P300 muncul dalam sinyal EEG ketika rangsangan visual yang jarang terjadi pada subjek (Kundu and Ari 2019).

Salah satu solusi yang dapat dilakukan agar orang yang memiliki masalah terhadap kemampuan motorik dan berbicara dapat berkomunikasi serta berhubungan dengan dunia luar adalah dengan bantuan teknologi. *Brain Computer Interface* (BCI) merupakan suatu perkembangan teknologi sistem yang menjadi penghubung antara otak manusia dengan dunia luar bagi orang yang memiliki masalah disabilitas kemampuan motoriknya atau yang biasa disebut dengan penyakit *Parkinson* (Birbaumer and Cohen 2007). BCI dapat digunakan untuk berbagai aplikasi berbeda, seperti video pengawasan (CCTV), kontrol kursi roda, dan pengenalan karakter (Kundu and Ari 2019). Pada penelitian ini aplikasi BCI yang digunakan adalah untuk pengenalan karakter atau deteksi ejaan.

Deteksi ejaan dapat dilakukan dengan mengklasifikasikan sinyal P300 berdasarkan kelasnya. Salah satu cara untuk mengklasifikasikan sinyal P300 tersebut adalah dengan menggunakan teknik atau algoritma *deep learning*. *Deep*

Learning merupakan bagian dari *machine learning* yang memiliki kemampuan mendefinisikan fitur atau ekstraksi fitur secara otomatis sehingga sesuai untuk data yang besar dan memiliki fitur yang banyak (Suyanto 2019). Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) adalah salah satu jenis algoritma *deep learning* yang merupakan pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MPL) yang biasanya digunakan untuk pengolahan data gambar (Ilahiyah and Nilogiri 2018). CNN juga dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan sinyal yang disebut dengan *1D Convolutional Neural Networks* (1D CNNs) (Kiranyaz et al. 2021).

Penelitian terkait klasifikasi sinyal EEG pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Pada penelitian yang berjudul “Klasifikasi Sinyal EEG menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) untuk Deteksi Kebohongan” oleh (Kumbara and Turnip 2015), menyimpulkan bahwa klasifikasi sinyal EEG menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dapat diterapkan untuk deteksi kebohongan dan menghasilkan akurasi sebesar 75%. Pada penelitian yang berjudul “*P300 based character recognition using sparse autoencoder with ensemble of SVMs*” oleh (Kundu and Ari 2019) menyimpulkan bahwa metode yang mereka usulkan dalam melakukan pengenalan karakter berdasarkan sinyal P300 menghasilkan performa yang lebih baik atau sama daripada metode sebelumnya. Penelitian berjudul mengenai perancangan sistem klasifikasi pergerakan jari tangan berbasis *motor imagery* (MI) EEG menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) pernah dilakukan oleh (Widadi, Widodo, and Zulherman 2020) dan menghasilkan akurasi sebesar 51,711%. Oleh karena itu, dari permasalahan diatas, pada penelitian ini akan menggunakan sinyal P300 dengan algoritma *Convolutional Neural Network*

(CNN) untuk mendeteksi ejaan yang dapat membantu pengguna yang memiliki masalah terhadap kemampuan motorik dan berbicara, serta menghitung kinerja algoritma tersebut dalam menyelesaikan penelitian ini. Selain itu, penelitian ini akan melihat apakah metode yang diusulkan lebih baik daripada metode sebelumnya.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah metode *Convolutional Neural Network* dapat diimplementasikan dalam deteksi ejaan berdasarkan sinyal P300 dan lebih baik dari metode sebelumnya?
2. Bagaimana kinerja dari implementasi algoritma tersebut?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* untuk mendeteksi ejaan berdasarkan sinyal P300.
2. Mengukur kinerja metode *Convolutional Neural Network* pada deteksi ejaan berdasarkan sinyal P300.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat lunak yang dihasilkan dapat berguna bagi orang yang mengalami gangguan motorik dan kemampuan berbicara dalam melakukan ejaan karakter.
2. Menjadi rujukan bagi peneliti lain yang ingin melanjutkan penelitian mengenai deteksi ejaan karakter.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah *BCI Competition III Dataset II*.
2. Algoritma yang digunakan untuk klasifikasi sinyal adalah *Convolutional Neural Network*.
3. Proses pengujian performa menggunakan *confusion matrix* dengan nilai evaluasi berupa *accuracy, precision, sensitivity / recall, dan f-measure*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini akan dibahas dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian, seperti definisi algoritma yang digunakan dan penelitian terkait yang relevan pada penelitian ini.

BAB III. METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai tahapan yang akan dilaksanakan pada penelitian ini. Masing-masing rencana tahapan penelitian dideskripsikan dengan rinci dengan mengacu pada suatu kerangka kerja. Lalu akan dijelaskan tentang metode pengembangan perangkat lunak dan perancangan manajemen proyek pada pelaksanaan penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Pada bab ini akan menjelaskan tahapan yang dilakukan pada proses pengembangan perangkat lunak yang merupakan alat penelitian yang akan digunakan untuk melakukan deteksi ejaan berdasarkan sinyal P300 menggunakan metode *Convolutional Neural Network*.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Pada bab ini berisi hasil pengujian penelitian berdasarkan format yang sudah direncanakan. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan analisis hasil pengujian sebagai dasar dari kesimpulan dalam penelitian ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang semua kesimpulan penelitian dan saran yang diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan penelitian lain di bidang yang sama.

1.8 Kesimpulan

Berdasarkan uraian diatas maka dapat disimpulkan dalam penelitian ini akan dikembangkan perangkat lunak untuk mendeteksi ejaan berdasarkan sinyal P300 menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dan mengukur tingkat akurasi dari model tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, Faraz, Seung Moo Han, and Tae Seong Kim. 2015. "An Efficient Word Typing P300-BCI System Using a Modified T9 Interface and Random Forest Classifier." *Computers in Biology and Medicine* 56: 30–36.
- Bassil, Youssef. 2012. "A Simulation Model for the Spiral Software Development Life Cycle." *International Journal of Engineering & Technology (iJET)* 2.
- Birbaumer, Niels, and Leonardo G. Cohen. 2007. "Brain-Computer Interfaces: Communication and Restoration of Movement in Paralysis." *Journal of Physiology* 579(3): 621–36.
- Blankertz, Benjamin et al. 2006. "The BCI Competition III: Validating Alternative Approaches to Actual BCI Problems." *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 14(2): 153–59.
- Halchenko, Yaroslav O., Stephen Jose´ Hanson, and Barak A. Pearlmutter. 2005. Advanced Image Processing in Magnetic Resonance Imaging *Multimodal Integration: FMRI, MRI, EEG, MEG*.
- Ilahiyah, Sarirotul, and Agung Nilogiri. 2018. "Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network." *JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia)* 3(2): 49–56.
- Julpan, Erna Budhiarti Nababan, and Muhammad Zarlis. 2015. "Analisis Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner Dan Sigmoid Bipolar Dalam Algoritma Backpropagation Pada Prediksi Kemampuan Siswa." *Jurnal Teknovasi* 02(1): 103–16.

- Kiranyaz, Serkan et al. 2021. "1D Convolutional Neural Networks and Applications: A Survey." *Mechanical Systems and Signal Processing* 151: 1–20.
- Kumbara, Bagus, and Arjon Turnip. 2015. "Klasifikasi Sinyal Eeg Menggunakan Support Vector Machine (Svm) Untuk Deteksi Kebohongan." 3(3).
- Kundu, Sourav, and Samit Ari. 2019. "P300 Based Character Recognition Using Sparse Autoencoder with Ensemble of SVMs." *Biocybernetics and Biomedical Engineering* 39(4): 956–66.
<https://doi.org/10.1016/j.bbe.2019.08.001>.
- Kuo, Ping Huan, and Chiou Jye Huang. 2018. "A Green Energy Application in Energy Management Systems by an Artificial Intelligence-Based Solar Radiation Forecasting Model." *Energies* 11(4).
- Maia, Ana Paula de Assis et al. 2013. "A Decision-Tree-Based Model for Evaluating the Thermal Comfort of Horses." *Scientia Agricola* 70(6): 377–83.
- Mohamed, Hassan, Abdelazim Negm, Mohamed Zahran, and Oliver C Saavedra. 2015. "Assessment of Artificial Neural Network for Bathymetry Estimation Using High Resolution Satellite Imagery in Shallow Lakes : Case Study El Burullus Lake ." *International Water Technology Conference* (March): 434–44.
- Pérez-Enciso, Miguel, and Laura M. Zingaretti. 2019. "A Guide for Using Deep Learning for Complex Trait Genomic Prediction." *Genes* 10(7): 1–19.
- Primartha, Rifkie. 2021. *Algoritma Machine Learning*. Bandung: INFORMATIKA.

- S, Rosa A., and M. Shalahuddin. 2018. *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur Dan Berorientasi Objek*. Revisi. Bandung: INFORMATIKA.
- Suyanto, Dr. 2019. *Data Mining Untuk Klasifikasi Dan Klasterisasi Data*. Revisi. Bandung.
- Syukron, Akhmad, and Agus Subekti. 2018. "Penerapan Metode Random Over-Under Sampling Dan Random Forest Untuk Klasifikasi Penilaian Kredit." *Jurnal Informatika* 5(2): 175–85.
- Widadi, Rahmat, Bongga Arif Widodo, and Dodi Zulherman. 2020. "Klasifikasi Sinyal EEG Pada Sistem BCI Pergerakan Jari Manusia Menggunakan Convolutional Neural Network." *Techno.Com* 19(4): 459–67.
- Wijayanto, Inung. 2019. "IDENTIFIKASI KONDISI SINYAL ELECTROENCEPHALOGRAM (EEG) YANG TERPAPAR RADIASI SINYAL GAWAI 4G LTE 1800 MHz MENGGUNAKAN LEARNING VECTOR QUANTIZATION (LVQ)." *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika* 1(2): 138–43.
- Yunus, Warid. 2018. "Algoritma K-Nearest Neighbor Berbasis Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik." *Jurnal Teknik Elektro CosPhi* 2(2): 51–55.