

**DIAGNOSA PENDERITA SKIZOFRENIA MELALUI SINYAL EEG-1D
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***



OLEH :

GABRIEL EKOPUTRA HARTONO CAHYADI

09012681923002

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

**DIAGNOSA PENDERITA SKIZOFRENIA MELALUI SINYAL EEG-1D
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Tesis

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Ilmu Komputer**



OLEH :

GABRIEL EKOPUTRA HARTONO CAHYADI

09012681923002

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**DIAGNOSA PENDERITA SKIZOFRENIA MELALUI
SINYAL EEG-1D MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK***

TESIS

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister

OLEH:

GABRIEL EKOPUTRA HARTONO CAHYADI

09012681923002

Palembang, 25 Oktober 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.Ir.Sukemi. M.T.

NIP. 196612032006041001

Dian Falupi Rini. M.Kom., Ph.D.

NIP. 197802232006042002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer

Hadipurnawan Satria. Ph.D.

NIP.198004182020121001

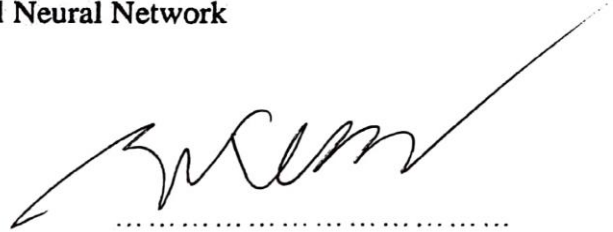
HALAMAN PERSETUJUAN

Pada hari Jumat, 5 Agustus 2022 telah dilaksanakan ujian siding tesis oleh
Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Gabriel Ekoputra Hartono Cahyadi
NIM : 09012681923002
Judul : Diagnosa penderita Skizofrenia melalui sinyal EEG-1D
Menggunakan Convolutional Neural Network

1. Pembimbing I

Dr.Ir.Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001



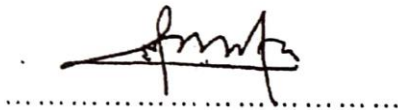
2. Pembimbing II

Dian Palupi Rini, S.Si, M.Kom, Ph.D.
NIP. 197802232006042002



3. Penguji I

Dr. Ermatita, M.Kom.
NIP. 196709132006042001




4. Penguji II

Dr. Yusuf Hartono, M.sc.
NIP. 196411161990031002



Mengetahui,

Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer


Hadipurnawan Satria, Ph.D.
NIP. 198004182020121001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gabriel Ekoputra Hartono Cahyadi
NIM : 09012681923
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Judul Tesis : Diagnosa penderita Skizofrenia melalui sinyal EEG-1D
Menggunakan Convolutional Neural Network

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 17 %

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

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



Palembang, 25 Oktober 2022




Gabriel Ekoputra Hartono Cahyadi
NIM. 09012681923002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME, yang telah melimpahkan kasih dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis dan menyusun laporan tesis yang berjudul “Diagnosa penderita Skizofrenia melalui sinyal EEG-1D Menggunakan Convolutional Neural Network”.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak telah banyak membantu penyelesaian Tesis ini, yaitu kepada:

1. Kedua orangtuaku Bapak Yusuf Hartono dan Ibu Elfarida yang telah memberikan motivasi, doa, restu dan bantuan.
2. Ibu Dian Palupi Rini, S.Si, M.Kom, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Komputer sekaligus dosen pembimbing II dan Bapak Dr. Ir. Sukemi, MT sebagai dosen Pembimbing I yang sangat sabar dalam membimbing dan membantu penulis.
3. Yogi Tiara Pratama dan Firmansyah. yang telah banyak membantu penyelesaian penelitian dalam penulisan tesis ini.
4. Semua Dosen dan Staff Magister Ilmu Komputer yang selama ini telah melimpahkan ilmunya kepada penulis selama proses belajar mengajar dan membantu dalam memperlancar kegiatan akademik di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Semua rekan Magister Ilmu Komputer atas bantuannya.

Palembang, 1 Agustus 2022

Penulis

Diagnosis of Schizophrenia Patients Through EEG-1D Signal Using Convolutional Neural Network

Gabriel Ekoputra Hartono Cahyadi

ABSTRACT

Schizophrenia is a mental disorder that generally appears in the form of auditory hallucinations, paranoia, or disorganized speech and thinking. Schizophrenia can be diagnosed using an EEG signal examination. This study conducted a comparative analysis of the best method for classifying EEG using the Deep Learning (DL) method. The author uses the 1D Convolutional Neural Network (1D CNN) method which uses different layers. The first 1D-CNN uses a simple 1D-CNN architecture which has three convolution layers. The second method is a simple CNN architecture which adds a Long short-term memory (LSTM) layer after convolution and the second CNN model is the same as the second model but uses a Gated Recurrent Unit (GRU) layer instead of the LSTM layer. The dataset used is 28 types of EEG signals consisting of 14 Schizophrenia sufferers and 14 normal subjects. The results of testing the accuracy of the F1 Score from CNN using a simple 1D-CNN model have an accuracy value of 86%. The second CNN model with the LSTM layer has a value of 95% and the CNN model using the GRU layer has a value of 96%. Testing of both methods shows that the value of CNN-GRU is greater than 1D-CNN and CNN-LSTM.

Keywords : schizophrenia, electroencephalography, deep learning, convolutional neural network, gated recurrent unit, long short-term memory

Diagnosa Penderita Skizofrenia Melalui Sinyal EEG-1D Menggunakan Convolutional Neural Network

Gabriel Ekoputra Hartono Cahyadi

ABSTRAK

Skizofrenia adalah gangguan jiwa yang umumnya muncul dalam bentuk halusinasi pendengaran, paranoia, atau cara berbicara dan berpikir yang kacau. Diagnosa penderita Skizofrenia dapat dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan sinyal EEG. Penelitian ini melakukan analisa perbandingan metode yang terbaik untuk melakukan klasifikasi EEG menggunakan metode Deep Learning (DL). Penulis menggunakan metode 1D Convolutional Neural Network (1D CNN) yang menggunakan layer berbeda. 1D-CNN pertama menggunakan arsitektur 1D-CNN sederhana yang memiliki tiga layer konvolusi. Metode kedua adalah arsitektur CNN sederhana yang ditambahkan layer Long short-term memory (LSTM) setelah konvolusi dan model CNN kedua sama seperti model kedua namun menggunakan layer Gated Recurrent Unit (GRU) sebagai pengganti layer LSTM. Dataset yang digunakan adalah 28 jenis sinyal EEG yang terdiri dari 14 penderita Skizofrenia dan 14 subjek normal. Hasil pengujian akurasi F1 Score dari CNN yang menggunakan model 1D-CNN sederhana memiliki nilai akurasi sebesar 86%. Model kedua CNN dengan layer LSTM memiliki nilai sebesar 95% dan model CNN yang menggunakan layer GRU memiliki nilai 96%. Pengujian kedua metode tersebut menunjukkan bahwa nilai dari CNN-GRU lebih besar dari 1D-CNN dan CNN-LSTM.

Kata kunci : skizofrenia, elektroensefalografi, deep learning, convolutional neural network, gated recurrent unit, long short-term memory

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Metodologi Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Putaka.....	7
2.2 <i>Schizophrenia (SZ)</i>	10
2.3 <i>Electroencephalography (EEG)</i>	11
2.4 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	12
2.5 <i>1D-Convolutional Neural Network (1D-CNN)</i>	14
2.6 <i>Long-Short Term Memory (LSTM)</i>	15
2.7 <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Kerangka Kerja Penelitian.....	19
3.2 Penelusuran Pustaka.....	21
3.3 <i>Preprocessing Data</i>	23
3.4 Klasifikasi Menggunakan 1D-CNN.....	24
3.4.1 Model 1D-CNN Pertama.....	24
3.4.2 Model 1D-CNN Kedua.....	25
3.5 Klasifikasi Menggunakan CNN-LSTM.....	26
3.5.1 Model CNN-LSTM Pertama.....	27
3.5.2 Model CNN-LSTM Kedua.....	28
3.6 Klasifikasi Menggunakan CNN-GRU.....	29
3.6.1 Model CNN-GRU Pertama.....	30
3.6.2 Model CNN-GRU Kedua.....	31
3.7 Analisis Hasil.....	32
3.8 Kesimpulan.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Parameter Pengujian.....	33
4.2 Hasil Pengujian Model 1D-CNN Pertama.....	34

4.3 Hasil Pengujian Model 1D-CNN Kedua.....	35
4.4 Hasil Pengujian Model CNN-LSTM Pertama.....	36
4.5 Hasil Pengujian Model CNN-LSTM Kedua.....	37
4.6 Hasil Pengujian Model CNN-GRU Pertama.....	38
4.7 Hasil Pengujian Model CNN-GRU Kedua.....	40
BAB V KESIMPULAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh sinyal EEG.....	11
Gambar 2.2	Arsitektur jaringan LeNet-5.....	12
Gambar 2.3	Contoh Arsitektur CNN 1D dengan 3 Conv1D dan 2 Dense Layer..	15
Gambar 2.4	Contoh arsitektur unit LSTM asli.....	16
Gambar 2.5	Contoh diagram cara kerja GRU.....	18
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	20
Gambar 3.2	Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 3.3	Contoh sinyal EEG normal dan penderita Skizofrenia.....	22
Gambar 3.4	Diagram tahapan preprocessing data.....	23
Gambar 3.5	Arsitektur 1-D CNN yang diusulkan.....	24
Gambar 3.6	Arsitektur CNN-LSTM yang diusulkan.....	27
Gambar 3.7	Arsitektur CNN-GRU yang diusulkan.....	29
Gambar 4.1	Confusion Matrix Model 1D-CNN Pertama.....	34
Gambar 4.2	Confusion Matrix Model 1D-CNN Kedua.....	35
Gambar 4.3	Confusion Matrix Model CNN-LSTM Pertama.....	37
Gambar 4.4	Confusion Matrix Model CNN-LSTM Kedua.....	38
Gambar 4.5	Confusion Matrix Model CNN-GRU Pertama.....	39
Gambar 4.6	Confusion Matrix Model CNN-GRU Kedua.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian tentang Sinyal EEG menggunakan CNN, LSTM, dan GRU empat (4) tahun terakhir.....	9
Tabel 3.1 Model 1D-CNN Pertama.....	25
Tabel 3.2 Model 1D-CNN Kedua.....	26
Tabel 3.3 Model CNN-LSTM Pertama.....	28
Tabel 3.4 Model CNN-LSTM Kedua.....	29
Tabel 3.3 Model CNN-GRU Pertama.....	30
Tabel 3.4 Model CNN-GRU Kedua.....	31
Tabel 4.1 Hasil Nilai Akurasi Model 1D-CNN Pertama.....	34
Tabel 4.2 Hasil Nilai Akurasi Model 1D-CNN Kedua.....	35
Tabel 4.3 Hasil Nilai Akurasi Model CNN-LSTM Pertama.....	36
Tabel 4.4 Hasil Nilai Akurasi Model CNN-LSTM Kedua.....	37
Tabel 4.5 Hasil Nilai Akurasi Model CNN-GRU Pertama.....	39
Tabel 4.6 Hasil Nilai Akurasi Model CNN-GRU Kedua.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini menjelaskan tentang alur proses penelitian yang berjudul: “Diagnosa penderita Skizofrenia melalui sinyal EEG-1D Menggunakan Convolutional Neural Network”. Pada bab ini akan dimulai dengan alasan penulis mengangkat objek Penyakit schizophrenia dan beberapa alasan penulis menggunakan metode Convolutional Neural Network dalam mengklasifikasi penderita penyakit tersebut.

1.1 Latar Belakang Masalah

Skizofrenia adalah gangguan kejiwaan parah yang memiliki efek mendalam baik pada individu yang terkena maupun masyarakat. Meskipun hasil mungkin tidak seragam negative seperti yang umumnya diyakini, lebih dari 50% individu yang menerima diagnosis memiliki masalah kejiwaan intermiten tetapi jangka panjang, dan sekitar 20% memiliki gejala kronis dan kecacatan (Owen, Sawa, and Mortensen 2016). Skizofrenia menyebabkan psikosis dan dikaitkan dengan kecacatan yang cukup besar dan dapat mempengaruhi semua bidang kehidupan termasuk fungsi pribadi, keluarga, sosial, pendidikan, dan pekerjaan. Lebih dari dua dari tiga orang dengan psikosis di dunia tidak menerima perawatan kesehatan mental spesialis. (World Health Organization 2022).

Saat ini, diagnosis skizofrenia hanya didasarkan pada wawancara dan pengamatan perilaku pasien oleh psikiater terlatih. Diagnosis dipusatkan pada penilaian subjektif dan tindakan yang sulit diulang, yang mengakibatkan kesulitan untuk kesepakatan lengkap antara dokter dan/atau pusat yang berbeda (Devia et al. 2019). Selain metode wawancara ini, teknik neuroimaging dan electroencephalography (EEG) baru-baru ini juga digunakan untuk mendeteksi SZ. Teknik neuroimaging mahal dan memerlukan perekaman tambahan dan waktu komputasi dibandingkan dengan prosedur pensinyalan seperti EEG karena sifatnya yang murah, non-invasif dan portabel dibandingkan dengan tes lainnya. EEG menghasilkan data deret waktu aperiodik dan non-stasioner, yang mengacu pada

perekaman aktivitas listrik spontan otak (Siuly et al. 2020). Teknik pencitraan, seperti Magnetic Resonance Imaging (MRI) dan Computed Tomography (CT), mahal dan memerlukan perekaman dan waktu komputasi tambahan dibandingkan dengan prosedur pensinyalan seperti EEG (Jahmunah et al. 2019).

Baru-baru ini, DL telah menunjukkan harapan besar dalam membantu memahami sinyal EEG karena kapasitasnya untuk mempelajari representasi fitur yang baik dari data mentah (Roy et al. 2019). Keluaran dari sinyal EEG adalah data deret waktu. Oleh karena itu, membandingkan data keluaran dengan sinyal EEG standard dapat mengetahui penyakit atau masalah yang terjadi. Jaringan saraf memiliki peran vital dalam perkembangan teknologi dalam beberapa tahun terakhir (Shoeibi, Khodatars, et al. 2021). Belakangan, banyak metode klasifikasi sinyal EEG berbasis model DL telah menunjukkan kinerja yang unggul dibandingkan dengan metode tradisional. CNN, sebagai salah satu model pembelajaran mendalam yang paling banyak digunakan, selalu dikombinasikan dengan fitur yang diekstraksi dari data sinyal EEG untuk memberikan hasil klasifikasi yang lebih baik (Mao et al. 2020). CNN dapat secara otomatis menemukan dan mengekstrak struktur internal deret waktu input untuk menghasilkan fitur mendalam untuk klasifikasi (B. Zhao et al. 2017).

Beberapa penelitian telah menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dalam bidang pengenalan dan klasifikasi sinyal EEG. Selain itu, berbagai jenis arsitektur CNN juga telah diimplementasikan di berbagai sistem klasifikasi sinyal EEG. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Yıldırım, Baloglu, and Acharya 2020), model jaringan saraf konvolusi satu dimensi (1D CNN) baru diusulkan untuk pengenalan otomatis sinyal EEG normal dan abnormal. Model dikembangkan hanya menghasilkan tingkat kesalahan klasifikasi 20,66% dalam mengklasifikasikan sinyal EEG normal dan abnormal. Model yang diusulkan oleh (Oh et al. 2019) menghasilkan akurasi klasifikasi masing-masing sebesar 98,07% dan 81,26% untuk pengujian berbasis non-subjek dan pengujian berbasis subjek. Model yang dikembangkan kemungkinan dapat membantu dokter sebagai alat diagnostik untuk mendeteksi tahap awal SZ.

Dalam metode yang diusulkan oleh (Sheykhivand et al. 2020), langsung menerapkan sinyal EEG mentah ke jaringan saraf *convolutional* dan jaringan *Long-Short Term Memory* (CNN-LSTM), tanpa melibatkan ekstraksi/seleksi fitur. Hasil simulasi dari algoritma yang diusulkan untuk klasifikasi dua tahap (negatif dan positif) dan klasifikasi tiga tahap (negatif, netral dan positif) emosi untuk 12 saluran aktif menunjukkan akurasi 97,42% dan 96,78% dan koefisien Kappa masing-masing 0,94 dan 0,93. Studi yang dilakukan oleh (Shoeibi, Sadeghi, et al. 2021) menggunakan berbagai metode berbasis deep learning (DL) cerdas untuk diagnosis SZ otomatis melalui sinyal elektroensefalografi (EEG). Klasifikasi sinyal EEG pertama kali dilakukan dengan metode *machine learning* konvensional, misalnya, *support vector machine*, *k-nearest neighbor*, *decision tree*, *naïve Bayes*, *random forest*, *very randomized trees*, dan *bagging*. Berbagai model DL yang diusulkan, yaitu, LSTM, CNN, dan CNN-LSTM. Hasil menunjukkan bahwa CNN-LSTM memiliki kinerja terbaik. Model CNN-LSTM yang diusulkan telah mencapai persentase akurasi 99,25%, lebih baik daripada model ML sebelumnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wilaiprasitporn et al. 2020) dalam mengidentifikasi manusia (PI) mengusulkan metode DL menggunakan kombinasi Convolutional Neural Networks (CNNs) dan Recurrent Neural Networks (RNNs). CNN digunakan untuk menangani informasi spasial dari EEG sementara RNN mengekstrak informasi temporal. Terdapat dua jenis RNN, yaitu, Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU). Hasilnya menunjukkan bahwa CNN-GRU dan CNN-LSTM dapat melakukan PI dari keadaan afektif yang berbeda dan mencapai hingga 99,90–100% rata-rata Tingkat Pengenalan yang Benar. Model masih dapat mempertahankan hasil optimal yang diperoleh dari wilayah frontal, mencapai hingga 99,17%. Di antara dua model DL, ditemukan bahwa CNN-GRU dan CNN-LSTM memiliki kinerja serupa sementara CNN-GRU menghabiskan waktu pelatihan yang lebih cepat.

Dalam Penelitian ini, kami akan melakukan percobaan menggunakan CNN, dengan menggunakan arsitektur CNN-LSTM, dan arsitektur CNN-GRU serta model yang berbeda sehingga didapatkan arsitektur dan model yang memberikan hasil terbaik dalam pengklasifikasian sinyal EEG untuk mendiagnosis penderita Skizofrenia.

1.2 Perumusan Masalah

Latar belakang diatas terdapat beberapa isu yang akan dibahas dalam penelitian, sehingga pertanyaan penelitian pada masalah ini adalah:

1. Bagaimana menggunakan *Convolutional Neural Network* untuk mendiagnosa *Skizofrenia*
2. Bagaimana penggunaan LSTM dan GRU untuk meningkatkan performa CNN.
3. Bagaimana peningkatan akurasi pada algoritma kombinasi CNN dan LSTM yang dibandingkan dengan algoritma kombinasi CNN dan GRU.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian dibatasi pada peningkatan akurasi CNN dengan menggunakan LSTM dan GRU. Dataset yang digunakan adalah dataset public yang diambil dari penelitian oleh (Olejarczyk and Jernajczyk 2017).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Melakukan klasifikasi sinyal EEG untuk mendiagnosa penderita Skizofrenia dengan menggunakan 1D Convolutional Neural Network (CNN).
2. Melakukan optimalisasi akurasi pada proses klasifikasi sinyal EEG menggunakan CNN.
3. Membandingkan akurasi dari prediksi Skizofrenia menggunakan CNN-LSTM, dan prediksi skizofrenia menggunakan CNN-GRU.

1.5 Manfaat Penelitian

Sedangkan, manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi penelitian di dalam bidang prediksi Skizofrenia menggunakan *deep learning*.
2. Memberikan alternatif bagi bidang kesehatan untuk melakukan prediksi Skizofrenia dengan menggunakan teknik *deep learning*.
3. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi untuk meningkatkan performa akurasi dari sistem yang menerapkan metode *convolutional neural network* dengan LSTM dan GRU.

1.6 Metodologi Penulisan

Agar memperoleh gambaran jelas mengenai penelitian ini, maka dibuatlah suatu sistematika penulisan yang berisi gambaran dalam tiap bab penelitian ini, yaitu:

1. BAB I **Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari topik yang dipilih berupa prediksi penyakit Skizofrenia dengan dengan metode CNN-LSTM dan CNN-GRU.

2. BAB II **Tinjauan Pustaka**

Bab ini menjelaskan mengenai *literature review* yang berhubungan dengan masalah klasifikasi dengan metode CNN-LSTM dan CNN-GRU yang mengacu pada beberapa penelitian publikasi. Kemudian menjelaskan tentang dataset yang akan digunakan.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab III ini merupakan jabaran metode penelitian yang menyusun kerangka konsep penelitian tentang prediksi penderita Skizofrenia dengan cara menganalisisnya. Kemudian menjelaskan tentang sketsa algoritma yang akan diterapkan pada penelitian ini.

4. BAB IV Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang analisa dan pembahasan dari tiap – tiap blok diagram perencanaan rangkaian dan data – data hasil pengukuran.

5. BAB V Kesimpulan

Bab ini berisi kesimpulan tentang hasil yang telah diperoleh serta merupakan jawaban dari tujuan yang ingin dicapai pada bab 1 (pendahuluan).

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, Muhammad U., Anum Rashad, Anas Basalamah, and Muhammad Tariq. 2019. "Detection of Epilepsy Seizures in Neo-Natal EEG Using LSTM Architecture." *IEEE Access* 7: 179074–85.
- Acharya, U. Rajendra et al. 2018. "Deep Convolutional Neural Network for the Automated Detection and Diagnosis of Seizure Using EEG Signals." *Computers in Biology and Medicine* 100: 270–78.
<https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2017.09.017>.
- Albawi, Saad, Tareq Abed Mohammed Mohammed, and Saad Alzawi. 2017. "Understanding of a Convolutional Neural Network." *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*: 1–6.
<https://doi.org/10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186>.
- Bajaj, Nikesh. 2021. "Wavelets for EEG Analysis." *Wavelet Theory*.
- Biasiucci, Andrea, Benedetta Franceschiello, and Micah M. Murray. 2019. "Electroencephalography." *Current Biology* 29(3): R80–85.
- Courville, Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron. 2016. "Deep Learning by Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville." *Nature* 29(7553): 1–73.
- Devia, Christ et al. 2019. "EEG Classification during Scene Free-Viewing for Schizophrenia Detection." *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 27(6): 1193–99.
- Gu, Jiuxiang et al. 2018. "Recent Advances in Convolutional Neural Networks." *Pattern Recognition* 77: 354–77.
<https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.10.013>.
- Harvey, Philip D., Martin T. Strassnig, and Juliet Silberstein. 2019. "Prediction of Disability in Schizophrenia: Symptoms, Cognition, and Self-Assessment." *Journal of Experimental Psychopathology* 10(3).
- Jahmunah, V. et al. 2019. "Automated Detection of Schizophrenia Using Nonlinear Signal Processing Methods." *Artificial Intelligence in Medicine*

- 100(July): 101698. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2019.07.006>.
- Jain, Anil K., Jianchang Mao, and K. M. Mohiuddin. 1996. "Artificial Neural Networks: A Tutorial." *Computer* 29(3): 31–44.
- Jana, Gopal Chandra, Ratna Sharma, and Anupam Agrawal. 2020. "A 1D-CNN-Spectrogram Based Approach for Seizure Detection from EEG Signal." *Procedia Computer Science* 167(2019): 403–12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.248>.
- Kiranyaz, Serkan et al. 2021. "1D Convolutional Neural Networks and Applications: A Survey." *Mechanical Systems and Signal Processing* 151: 107398. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107398>.
- Le, Thi Thu Huong, Jihyun Kim, and Howon Kim. 2016. "Classification Performance Using Gated Recurrent Unit Recurrent Neural Network on Energy Disaggregation." In *Proceedings - International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, , 105–10.
- Li, Zewen et al. 2021. "A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects." *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*: 1–21.
- Mao, W. L., H. I.K. Fathurrahman, Y. Lee, and T. W. Chang. 2020. "EEG Dataset Classification Using CNN Method." *Journal of Physics: Conference Series* 1456(1).
- McCutcheon, Robert A., Tiago Reis Marques, and Oliver D. Howes. 2020. "Schizophrenia - An Overview." *JAMA Psychiatry* 77(2): 201–10.
- Nagabushanam, P., S. Thomas George, and S. Radha. 2020. "EEG Signal Classification Using LSTM and Improved Neural Network Algorithms." *Soft Computing* 24(13): 9981–10003. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04515-0>.
- O'Shea, Keiron, and Ryan Nash. 2015. "An Introduction to Convolutional Neural Networks." *ArXiv e-prints*: 1–11. <http://arxiv.org/abs/1511.08458>.
- Oh, Shu Lih et al. 2019. "Deep Convolutional Neural Network Model for Automated Diagnosis of Schizophrenia Using EEG Signals." *Applied Sciences (Switzerland)* 9(14).

- Olejarczyk, Elzbieta, and Wojciech Jernajczyk. 2017. "Graph-Based Analysis of Brain Connectivity in Schizophrenia." *PLoS ONE* 12(11): 1–28.
- Owen, Michael J., Akira Sawa, and Preben B. Mortensen. 2016. "Schizophrenia." *The Lancet* 388(10039): 86–97.
- Phang, Chun-Ren, Chee-Ming Ting, Fuad Noman, and Hernando Ombao. 2019. "Classification of EEG-Based Brain Connectivity Networks in Schizophrenia Using a Multi-Domain Connectome Convolutional Neural Network." : 1–15. <http://arxiv.org/abs/1903.08858><http://dx.doi.org/10.1109/JBHI.2019.2941222>.
- Roy, Yannick et al. 2019. "Deep Learning-Based Electroencephalography Analysis: A Systematic Review." *Journal of Neural Engineering* 16(5).
- Saeedi, Maryam, Abdolkarim Saeedi, and Pooya Mohammadi. 2022. "Schizophrenia Diagnosis via FFT and Wavelet Convolutional Neural Networks Utilizing EEG Signals."
- Shewalkar, Apeksha, Deepika nyavanandi, and Simone A. Ludwig. 2019. "Performance Evaluation of Deep Neural Networks Applied to Speech Recognition: Rnn, LSTM and GRU." *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research* 9(4): 235–45.
- Sheykhivand, Sobhan, Zohreh Mousavi, Tohid Yousefi Rezaii, and Ali Farzamnia. 2020. "Recognizing Emotions Evoked by Music Using CNN-LSTM Networks on EEG Signals." *IEEE Access* 8: 139332–45.
- Shoeibi, Afshin, Delaram Sadeghi, et al. 2021. "Automatic Diagnosis of Schizophrenia in EEG Signals Using CNN-LSTM Models." *Frontiers in Neuroinformatics* 15(November): 1–16.
- Shoeibi, Afshin, Marjane Khodatars, et al. 2021. "Epileptic Seizures Detection Using Deep Learning Techniques: A Review." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(11).
- Siuly, Siuly et al. 2020. "A Computerized Method for Automatic Detection of Schizophrenia Using EEG Signals." *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 28(11): 2390–2400.
- Smagulova, Kamilya, and Alex Pappachen James. 2019. "A Survey on LSTM

- Memristive Neural Network Architectures and Applications.” *European Physical Journal: Special Topics* 228(10): 2313–24.
- Stępnicki, Piotr, Magda Kondej, and Agnieszka A. Kaczor. 2018. “Current Concepts and Treatments of Schizophrenia.” *Molecules* 23(8).
- Wilaiprasitporn, Theerawit et al. 2020. “Affective EEG-Based Person Identification Using the Deep Learning Approach.” *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems* 12(3): 486–96.
- World Health Organization. 2022. “Schizophrenia.” <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/schizophrenia>.
- Yamak, Peter T., Li Yujian, and Pius K. Gadosey. 2019. “A Comparison between ARIMA, LSTM, and GRU for Time Series Forecasting.” *ACM International Conference Proceeding Series*: 49–55.
- Yıldırım, Özal, Ulas Baran Baloglu, and U. Rajendra Acharya. 2020. “A Deep Convolutional Neural Network Model for Automated Identification of Abnormal EEG Signals.” *Neural Computing and Applications* 32(20): 15857–68.
- Zhao, Bendong et al. 2017. “Convolutional Neural Networks for Time Series Classification.” *Journal of Systems Engineering and Electronics* 28(1): 162–69.
- Zhao, Hongwei et al. 2019. “Evaluation of Three Deep Learning Models for Early Crop Classification Using Sentinel-1A Imagery Time Series-a Case Study in Zhanjiang, China.” *Remote Sensing* 11(22).
- Zou, Guoxia. 2022. “The Recognition of Action Idea EEG with Deep Learning.” *Complexity* 2022(3).