

**ANALISIS KOMPARASI AKURASI METODE FFT-KNN DAN CNN
DALAM PENGENALAN ANGKA (0-9) DENGAN SINYAL EEG**

TESIS

oleh

I Wayan Pio Pratama

NIM 1829101040



UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA

PASCASARJANA

PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER

Februari 2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Udayana Singaraja – Bali 81116 Telepon : (0362) 32558, Fax. (0362) 32558
<http://pasca.undiksha.ac.id> – email : pps@undiksha.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis oleh I Wayan Pio Pratama dengan judul **ANALISIS KOMPARASI AKURASI METODE FFT-KNN DAN CNN DALAM PENGENALAN ANGKA (0-9) DENGAN SINYAL EEG** Ini telah diperiksa dan disetujui untuk

Mengikuti Ujian Tesis

Singaraja, 17 Februari 2021

Pembimbing 1

Made Windu Antara Kesiman, Msc, Ph.D.

NIP : 198211112008121001

Pembimbing 2

Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si, M.Kom.

NIP : 197703182008121004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Ilmu Komputer
Pascasarjana

Universitas Pendidikan Ganesha

Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T.



KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Udayana Singaraja – Bali 81116 Telepon : (0362) 32558, Fax. (0362) 32558
<http://pasca.undiksha.ac.id> – email : pps@undiksha.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Tesis oleh I Wayan Pio Pratama ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar magister Ilmu Komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha.

Disetujui pada tanggal: 22 Februari 2021

oleh

Tim Penguji


.....
Ketua (Dr. Gede Indrawan, S.T.,
M.T.)
NIP. 197601022003121001


.....
Anggota (Dr. I Nyoman Sukajaya,
M.T.)
NIP. 196711151993031001


.....
Anggota (Kadek Yota Ernanda,
S.Kom., M.T., Ph.D.)
NIP. 197803242005011001


.....
Anggota (Made Windu Antara
Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.)
NIP. 198211112008121001


.....
Anggota (Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si.
M.Kom.)
NIP. 197703182008121004

Mengetahui Direktur

Pascasarjana Undiksha,



Prof. Dr. I Gusti Putu Suharta, M.Si.

NIP. 196212151988031002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha, seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Singaraja, 17 Februari 2021

Yang memberi pernyataan,



I Wayan Pio Pratama

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadapan Sang Pencipta, Tuhan Yang Maha Kuasa karena berkat karunia dan izinya-Nya, tesis berjudul **“ANALISIS KOMPARASI AKURASI METODE FFT-KNN DAN CNN DALAM PENGENALAN ANGKA (0-9) DENGAN SINYAL EEG”** ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Tesis ini dibuat demi terpenuhinya prasyarat untuk menyelesaikan pendidikan magister Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha).

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak Made Windu Antara Kesiman, Msc, Ph.D. dan Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si, M.Kom. atas bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi pembimbing dan perkuliahan.
2. Bapak Dr. Gede Indrawan, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji yang telah mencurahkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memeriksa dan memberikan masukan terhadap tesis ini.
3. Bapak Dr. I Nyoman Sukajaya, M.T. selaku Penguji 1 dan Kadek Yota Ernanda, S.Kom., M.T., Ph.D. selaku Penguji 2 telah mencurahkan waktu, tenaga, dan pikiran memeriksa dan memberikan masukan terhadap tesis ini.
4. David Vivancos, yang telah bersedia memberikan informasi beserta data yang dapat digunakan dalam penelitian ini.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan memerlukan pengembangan lebih lanjut agar benar benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Singaraja, 17 Februari 2021
I Wayan Pio Pratama

DAFTAR ISI

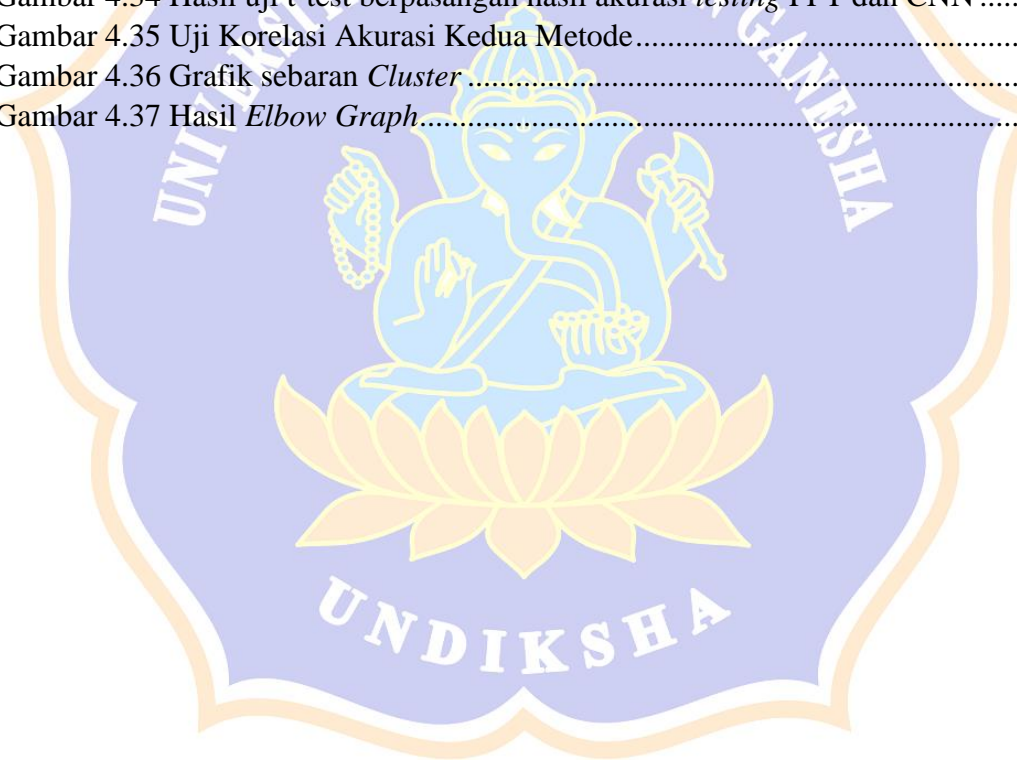
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sinyal EEG	5
2.2 Karakteristik dan Sifat Sinyal EEG.....	8
2.2.1 <i>Artifacts</i> Sinyal EEG.....	10
2.3 FFT	10
2.4 Scaling.....	14
2.5 KNN	16
2.6 CNN	18
2.7 Confusion Matrik	30
2.8 Kajian Hasil Penelitian yang Relevan	32
2.9 Hipotesis Penelitian.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.1.1 Lokasi Penelitian	34
3.1.2 Waktu.....	34
3.2 Populasi dan Sampel	34

3.3 Metode Pengumpulan Data	35
3.4 Variabel Penelitian	36
3.5 Variabel Dependen	36
3.6 Variabel Independen	36
3.7 Metode Analisis Data	37
3.8 Tahap Analisis	37
3.9 Pengujian Hipotesis	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Deskripsi Data	40
4.2 Data <i>Cleaning</i> dan <i>Sampling</i>	48
4.3 Hasil Tahap <i>Fixed Length</i>	50
4.4 Hasil Tahap Flattening	51
4.5 Hasil Akurasi Metode FFT-KNN	52
4.5.2 Pemerosesan Data dengan FFT	52
4.5.3 Klasifikasi KNN	54
4.6 Hasil Akurasi dengan CNN.....	57
4.7 Pembahasan Hasil Penelitian	65
4.8 Implikasi.....	73
BAB V PENUTUP	74
5.1 Rangkuman.....	74
5.2 Simpulan.....	75
5.3 Saran.....	75
DAFTAR RUJUKAN	76
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR GAMBAR

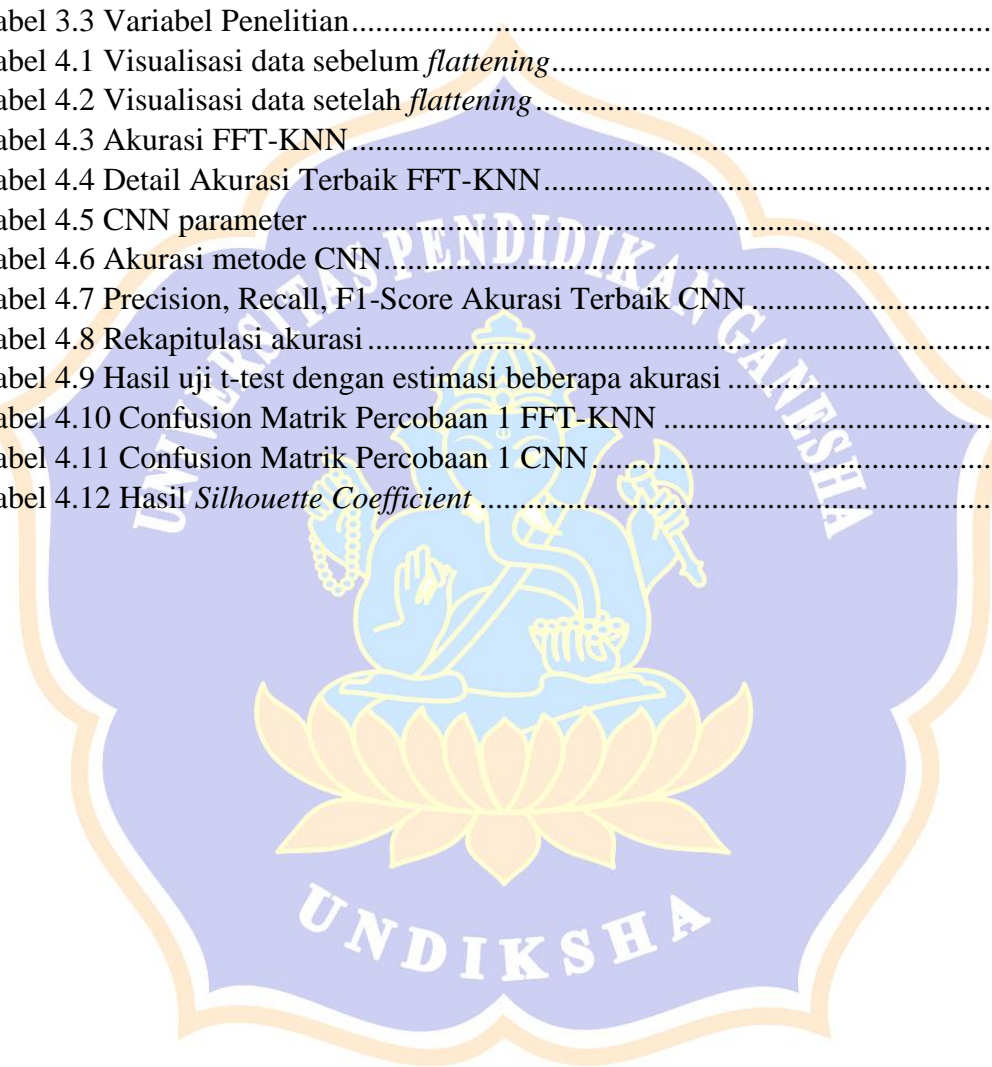
Gambar 2.1 Perekaman EEG (Saint Luke’s Health System, 2016).....	6
Gambar 2.2 Standar penempatan elektrode (Campisi & Scarano, 2012)	7
Gambar 2.3 Frekuensi gelombang EEG (Sanei & Chambers, 2013)	8
Gambar 2.4 Contoh <i>artifacts</i> sinyal (Rak & Majkowski, 2012).....	10
Gambar 2.5 Digital dan sinyal analog (Huang & Hon, 2001)	11
Gambar 2.6 <i>Time</i> dan frekuensi domain (Brigham & Morrow, 1967)	12
Gambar 2.7 Penggambaran soal dalam grafik domain waktu	13
Gambar 2.8 Persiapan kordinat cartesian untuk hasil transformasi <i>Fourier</i>	13
Gambar 2.9 Hasil transformasi <i>Fourier</i>	14
Gambar 2.10 Visualisasi contoh permasalahan KNN.....	18
Gambar 2.11 Arsitektur CNN (Team, 2018)	19
Gambar 2.12 Operasi <i>Convolution</i> (Saha, Lange & Hehl-Lange, 2005).....	19
Gambar 2.13 <i>Convolution 3 channel</i> (Saha & Hehl-Lange, 2005).....	20
Gambar 2.14 Contoh <i>kernel</i> (Stewart, 2019)	21
Gambar 2.15 <i>Convolution Stride 2</i> (Loey, 2017)	21
Gambar 2.16 <i>Padding</i> (Stewart, 2019)	22
Gambar 2.17 <i>Pooling</i> (Saha & Hehl-Lange, 2005)	22
Gambar 2.18 <i>Flattening</i> dan arsitektur ANN (Jordan, 2017)	23
Gambar 2.19 Contoh input data citra CNN.....	25
Gambar 2.20 Proses <i>padding</i> dan <i>scaling</i> data CNN.....	25
Gambar 2.21 Proses <i>Convolution</i> , <i>pooling</i> , dan <i>flattening</i> CNN.....	26
Gambar 2.22 Proses NN pada CNN	27
Gambar 2.23 Proses <i>backward</i> pada NN dan <i>pooling</i>	29
Gambar 2.24 <i>Convolution</i> balik CNN	30
Gambar 2.25 Confusion Matrik (Nugroho, 2019)	31
Gambar 3.1 Rancangan Penelitian	37
Gambar 4.1 Cuplikan sebuah data mentah hasil sebuah pengukuran	40
Gambar 4.2 Distribusi Label.....	41
Gambar 4.3 Distribusi <i>Channel</i>	42
Gambar 4.4 Grafik distribusi sinyal <i>size</i>	42
Gambar 4.5 Tampilan grafik sinyal sebuah data	43
Gambar 4.6 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> AF3	44
Gambar 4.7 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> F7	44
Gambar 4.8 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> F3	44
Gambar 4.9 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> FC5	44
Gambar 4.10 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> T7	45
Gambar 4.11 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> P7	45
Gambar 4.12 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> O1	45
Gambar 4.13 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> O2	45
Gambar 4.14 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> P8.....	45
Gambar 4.15 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> T8.....	46
Gambar 4.16 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> FC6	46
Gambar 4.17 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> F4.....	46

Gambar 4.18 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> F8.....	46
Gambar 4.19 Tampilan grafik spesifik pada <i>channel</i> AF4.....	46
Gambar 4.20 Sinyal EEG <i>event</i> 67639 label 0.....	47
Gambar 4.21 Sinyal EEG <i>event</i> 67640 label 6.....	47
Gambar 4.22 Sinyal EEG <i>event</i> 67654 label 2.....	47
Gambar 4.23 Sinyal EEG <i>event</i> 67649 label 2.....	48
Gambar 4.24 <i>Satirified Random Sampling</i>	49
Gambar 4.25 Hasil <i>padding</i> sinyal.....	50
Gambar 4.26 Contoh operasi FFT pada <i>channel</i>	52
Gambar 4.27 Contoh hasil operasi DC <i>Removal</i> dan FFT.....	53
Gambar 4.28 Flowchart Percobaan FFT-KNN.....	55
Gambar 4.29 Flowchart Percobaan CNN	58
Gambar 4.30 Hasil grafik pengujian 1 CNN	64
Gambar 4.31 Hasil pengujian normalitas akurasi <i>testing</i> CNN.....	66
Gambar 4.32 Hasil uji t-test dengan estimasi akurasi lebih dari 26,73%	66
Gambar 4.33 Hasil pengujian normalitas akurasi <i>testing</i> FFT-KNN dan CNN	68
Gambar 4.34 Hasil uji t-test berpasangan hasil akurasi <i>testing</i> FFT dan CNN	68
Gambar 4.35 Uji Korelasi Akurasi Kedua Metode.....	68
Gambar 4.36 Grafik sebaran <i>Cluster</i>	72
Gambar 4.37 Hasil <i>Elbow Graph</i>	72



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh permasalahan <i>scaling</i>	15
Tabel 2.2 Contoh hasil <i>scaling</i>	15
Tabel 2.3 Contoh Kasus KNN	17
Tabel 2.4 Contoh data baru diuji dengan KNN	17
Tabel 2.5 Penelitian yang Relevan.....	32
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	34
Tabel 3.2 <i>Device Channel</i>	35
Tabel 3.3 Variabel Penelitian.....	36
Tabel 4.1 Visualisasi data sebelum <i>flattening</i>	51
Tabel 4.2 Visualisasi data setelah <i>flattening</i>	51
Tabel 4.3 Akurasi FFT-KNN	56
Tabel 4.4 Detail Akurasi Terbaik FFT-KNN.....	57
Tabel 4.5 CNN parameter	59
Tabel 4.6 Akurasi metode CNN.....	63
Tabel 4.7 Precision, Recall, F1-Score Akurasi Terbaik CNN	64
Tabel 4.8 Rekapitulasi akurasi	65
Tabel 4.9 Hasil uji t-test dengan estimasi beberapa akurasi	67
Tabel 4.10 Confusion Matrik Percobaan 1 FFT-KNN	70
Tabel 4.11 Confusion Matrik Percobaan 1 CNN.....	70
Tabel 4.12 Hasil <i>Silhouette Coefficient</i>	72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Source Code</i> FFT-KNN.....	79
Lampiran 2. <i>Source Code</i> CNN	82

