

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN TUGAS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT	xv
PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	4
I.3. Batasan Masalah.....	4
I.4. Tujuan.....	5
I.5. Manfaat.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1. Pemanfaatan Citra Termal untuk Deteksi Emosi	4
II.2. Metode Klasifikasi dan Identifikasi untuk Deteksi Emosi	8
DASAR TEORI	12
III.1. Psikoterapi	12
III.2. Emosi.....	13
III.3. Ekspresi Wajah Sukarela (<i>Voluntary Facial Expressions</i>)	15
III.4. <i>International Affective Picture System (IAPS)</i>	16
III.5. Radiasi Termal.....	18
III.6. Kamera Termal.....	19
III.7. Citra Digital.....	21
III.8. <i>Convolution Neural Network (CNN)</i>	22
III.9. Sistem Antar Muka.....	28
III.10. Regresi Linear Multivariabel.....	29
III.11. Standar Deviasi.....	31



III.12. <i>Error</i> Pengukuran.....	31
III.13. Uji t-pasangan.....	32
III.14. Hipotesis	34
PELAKSANAAN PENELITIAN	35
IV.1. Tempat dan Waktu Penelitian	35
IV.2. Metode Penelitian.....	35
IV.3. Alat dan Bahan Penelitian	35
IV.4. Tata Laksana Penelitian.....	38
IV.4.1. Studi Literatur	38
IV.4.2. Perancangan Sistem	39
IV.4.3. Pembangunan Sistem Akuisisi Data dan Sistem Akuisisi Suhu.....	39
IV.4.4. Pengkondisian Ruang Pengujian dan Pengambilan Data	41
IV.4.5. Uji Akurasi & Linearitas Kamera Termal	43
IV.4.6. Pengambilan <i>Dataset</i> Primer Emosi	44
IV.4.7. Analisis Hasil Data Termal.....	45
IV.4.8. Pembangunan & Analisis Akurasi Sistem Klasifikasi Emosi.	45
IV.4.9. Pembangunan & Validasi Sistem Identifikasi Emosi	46
IV.4.10. Penyusunan Laporan.....	46
HASIL DAN PEMBAHASAN	47
V.1. Hasil Perancangan Sistem	47
V.2. Hasil Pembangunan Sistem Akuisisi Data & Sistem Akuisisi Suhu.....	59
V.2.1. Hasil Pembangunan Sistem Akuisisi Data`	59
V.2.2. Hasil Pembangunan Sistem Akuisisi Suhu	62
V.3. Hasil Pengkondisian Ruang Pengujian dan Ruang Pengambilan Data ..	64
V.4. Analisis Hasil Uji Akurasi dan Linearitas Kamera Termal.....	65
V.5. Analisis Hasil Data Termal	67
V.6. Hasil Pembangunan Sistem Klasifikasi Emosi CNN	69
V.7. Analisis Hasil Pembangunan Sistem Klasifikasi CNN dalam Deteksi Emosi untuk Sistem Identifikasi Emosi.....	73
V.8. Hasil Pembangunan Sistem Identifikasi Emosi untuk Instrumentasi Pengukuran Psikoterapi	75
V.9. Hasil Validasi Pembangunan Sistem Identifikasi Emosi untuk Instrumentasi Pengukuran Psikoterapi.....	76



KESIMPULAN DAN SARAN	83
VI.1. Kesimpulan.....	83
VI.2. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	88
DATA PENELITIAN.....	89
LISTING PROGRAM	97



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian sebelumnya terkait kamera termal untuk mendeteksi perubahan emosi.....	7
Tabel 2. 2 Penelitian sebelumnya terkait identifikasi emosi dengan kamera termal	11
Tabel 3. 1 Tabel hyperparameter pada <i>convolutional layer</i>	24
Tabel 4. 1 Bahan Penelitian	36
Tabel 4. 2 Alat Penelitian.....	37
Tabel 5. 1 Tabel akurasi klasifikasi masing-masing <i>filter</i> kamera termal.	60
Tabel 5. 2 Hasil pengolahan data pengukuran objek <i>solder</i> menggunakan termometer inframerah FLUKE dan kamera termal CEM DT-9875..	65
Tabel 5. 3 Hasil pengujian t-pasangan untuk pengukuran solder menggunakan kamera termal CEM DT-9875 dan termometer inframerah FLUKE...	66
Tabel 5. 4 Tabel jumlah data yang digunakan pada sistem klasifikasi CNN.....	68
Tabel 5. 5 Tabel Pelatihan Sistem Klasifikasi CNN	74
Tabel 5. 6 Hasil pengujian sistem klasifikasi emosi CNN.....	77
Tabel 5. 7 Persentase kepercayaan prediksi sistem klasifikasi CNN terhadap ke-4 sampel satu orang dengan 4 emosi berbeda	79
Tabel 5. 8 Persentase kepercayaan prediksi sistem klasifikasi CNN terhadap ke-4 sampel dengan 4 orang berbeda dan 1 emosi yang sama.....	80
Tabel 5. 9 Persentase kepercayaan prediksi sistem klasifikasi CNN terhadap ke-4 sampel dengan 4 orang berbeda dan 4 emosi berbeda	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Perbedaan citra visual dengan citra termal.....	6
Gambar 3. 1. Kartesian sumbu emosi [14].....	13
Gambar 3. 2. Persebaran gambar dari IAPS terhadap dua sumbu emosi <i>pleasant/valence</i> (valensi) dan <i>arrousal</i> (gairah) [21].	17
Gambar 3. 3. Contoh <i>Self-Assessment Manikin</i> (SAM) yang digunakan dalam penilaian gambar IAPS untuk valensi (atas) dan gairah (bawah)...	18
Gambar 3. 4. Citra kamera termal dengan Blue Green Red (BGR) dengan hitam- putih [7].	20
Gambar 3. 5. Contoh citra digital pada sebuah gambar [27]	22
Gambar 3. 6 Arsitektur convolutional neural networks (CNN).....	23
Gambar 3. 7. Perbedaan <i>average pooling</i> dengan <i>max pooling</i> [28].....	25
Gambar 3. 8. Grafik ReLU dengan nilai x negatif akan diubah menjadi nol, sementara nilai x positif akan diproyeksikan sesuai nilai x pada sumbu y	27
Gambar 3. 9. Performa model regresi; <i>underfit</i> (kiri), <i>good fit</i> (tengah), dan <i>overfit</i> (kanan).....	30
Gambar 4. 1. Diagram alir tata laksana penelitian	38
Gambar 4. 2. Skema Ruang PSoC, Laboratorium SSTK, Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada sebagai ruang pengujian kamera termal.	42
Gambar 4. 3 Skema Studio Amakusa sebagai tempat pengambilan data	43
Gambar 5. 1. Diagram blok sistem identifikasi emosi citra kamera termal untuk instrumentasi pengukuran psikoterapi	48
Gambar 5. 2. Diagram blok sistem klasifikasi <i>convolutional neural networks</i>	48
Gambar 5. 3. Skema dari keseluruhan sistem identifikasi emosi.....	49
Gambar 5. 4. Diagram alir pengambilan data termal	50
Gambar 5. 5. Diagram alir pengolahan data termal	51
Gambar 5. 6. Diagram alir sistem klasifikasi emosi untuk instrumen sistem identifikasi pengukuran psikoterapi (1).....	52
Gambar 5. 7. Diagram alir sistem klasifikasi emosi untuk instrumen sistem identifikasi pengukuran psikoterapi (2).....	53
Gambar 5. 8. Diagram alir sistem klasifikasi emosi untuk instrumen sistem identifikasi pengukuran psikoterapi (3).....	54
Gambar 5. 9. Diagram alir mengklasifikasi dan identifikasi emosi (1)	55



Gambar 5. 10 Diagram alir mengklasifikasi dan identifikasi emosi (2)	56
Gambar 5. 11. Tangkapan kamera termal pada kombinasi variasi jarak dan variasi filter pada sebuah ekspresi sukarela (sedih).	59
Gambar 5. 12. Grafik jarak vs akurasi kombinasi jarak dan filter pada saat dilakukan klasifikasi terhadap ekspresi sukarela.....	60
Gambar 5. 13. Persebaran nilai intensitas warna masing-masing kanal (RGB) vs suhu dengan visualisasi 2 dimensi.....	62
Gambar 5. 14. Persebaran nilai intensitas warna masing-masing kanal (RGB) vs suhu dengan visualisasi 3 dimensi.....	63
Gambar 5. 15. Hasil pengaturan ruangan untuk pengambilan data	64
Gambar 5. 16. Sebaran suhu ruangan saat proses pengambilan data.....	65
Gambar 5. 17. Plot perubahan suhu termometer inframerah FLUKE dengan kamera termal CEM DT-9875.....	67
Gambar 5. 18. Blok diagram validasi SAM data termal	68
Gambar 5. 19. Grafik jumlah data latih dan data uji yang digunakan pada sistem klasifikasi per kategori (kiri), dan <i>pie-chart</i> proporsi kategori yang diobservasi untuk sistem klasifikasi (kanan).	70
Gambar 5. 20. Contoh 50 gambar dengan label kategori yang diambil secara acak yang akan digunakan sebagai data latih sistem klasifikasi CNN. .	70
Gambar 5. 21. Arsitektur sistem klasifikasi emosi CNN beserta output dari setiap lapisan <i>konvolusi</i> , <i>maxpooling</i> , dan <i>dense</i>	72
Gambar 5. 22. Arsitektur sistem klasifikasi emosi CNN untuk sistem identifikasi emosi instrumentasi pengukuran psikoterapi.	73
Gambar 5. 23. Plot grafik pelatihan sistem klasifikasi CNN dengan plot akurasi vs <i>epoch</i> (kiri) dan <i>loss</i> vs <i>epoch</i> (kanan)	75
Gambar 5. 24. Sistem Identifikasi Emosi Instrumentasi Pengukuran Psikoterapi	76
Gambar 5. 25. <i>Confusion matrix</i> sistem klasifikasi CNN.....	78
Gambar 5. 26. Citra termal satu orang dengan empat emosi berbeda.....	79
Gambar 5. 27. Citra termal empat orang dengan satu kategori emosi PH.....	80
Gambar 5. 28. Citra termal empat orang dengan empat kategori emosi.....	81



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang Romawi

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
T	Suhu	°C

Lambang Yunani

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
€	emisivitas	—

Subskrip

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
----------------	------------------	---------------

Superskrip

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
----------------	------------------	---------------

Singkatan

ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
CNN	<i>Convolutional Neural Network</i>
CBT	<i>Cognitive Behavioural Therapy</i>
CLI	<i>Command Line Interface</i>
DED	<i>Detailed Engineering Design</i>
ReLU	<i>Rectified Linear Unit</i>
EEG	<i>Electroencephalograph</i>
EMG	<i>Electromyograph</i>
GSR	<i>Galvanic Skin respon se</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HGI	<i>Hypnotic Guided Imagery</i>
IPT	<i>Interpersonal Psychoterapy</i>
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PPG	<i>Photoplethysmograph</i>
REBT	<i>Rational Emotive Behavior Therapy</i>
ROI	<i>Region of Interest</i>

