

SKRIPSI

**KLASIFIKASI JENIS MODULASI PADA SINYAL RADIO
BERDASARKAN ANALISIS CITRA *SPEKTROGRAM*
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

***CLASSIFICATION OF MODULATION TYPES OF RADIO
SIGNALS BASED ON SPECTROGRAM IMAGE ANALYSIS
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***



Disusun oleh

ZULFA ANDHINI PUTRI PERTIWI

20101105

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

SKRIPSI

**KLASIFIKASI JENIS MODULASI PADA SINYAL RADIO
BERDASARKAN ANALISIS CITRA *SPEKTROGRAM*
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

***CLASSIFICATION OF MODULATION TYPES OF RADIO
SIGNALS BASED ON SPECTROGRAM IMAGE ANALYSIS
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***



Disusun oleh

ZULFA ANDHINI PUTRI PERTIWI

20101105

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

**KLASIFIKASI JENIS MODULASI PADA SINYAL RADIO
BERDASARKAN ANALISIS CITRA SPEKTROGRAM
MENGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

***CLASSIFICATION OF MODULATION TYPES OF RADIO
SIGNALS BASED ON SPECTROGRAM IMAGE ANALYSIS
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2024**

Disusun oleh

**Zulfa Andhini Putri Pertiwi
20101105**

DOSEN PEMBIMBING

**Petrus Kerowe Goran S.T., M.T.
Shinta Romadhona, S.T., M.T**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

KLASIFIKASI JENIS MODULASI PADA SINYAL RADIO BERDASARKAN ANALISIS CITRA *SPEKTROGRAM* MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

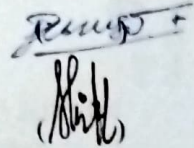
CLASSIFICATION OF MODULATION TYPES OF RADIO SIGNALS BASED ON SPECTROGRAM IMAGE ANALYSIS USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Disusun oleh
ZULFA ANDHINI PUTRI PERTIWI
20101105

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 10 Juli 2024

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : Petrus Kerowe Goran, S.T., M.T.
NIDN. 0620018502



Pembimbing Pendamping : Shinta Romadhona, S.T., M.T.
NIDN. 0611068402



Penguji 1 : Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng.
NIDN. 0604097801



Penguji 2 : Muhammad Panji Kusuma Praja, S.T., M.T.
NIDN. 0625029301



Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto



Prasetyo Nugroho, S.T., M.T.
NIDN. 0600070001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **ZULFA ANDHINI PUTRI PERTIWI**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**KLASIFIKASI JENIS MODULASI PADA SINYAL RADIO BERDASARKAN ANALISIS CITRA SPEKTROGRAM MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 3 Juli 2024

Yang menyatakan,



(Zulfa Andhini Putri Pertiwi)

PRAKATA

Puji dan syukur panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Klasifikasi Jenis Modulasi Pada Sinyal Radio Berdasarkan Analisis Citra Spektrogram Menggunakan *Convolutional Neural Network*”**.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu dalam berbagai hal. Oleh karena itu, sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam mengerjakan serta menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tulus.
3. Bapak Petrus Kerowe Goran, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I.
4. Ibu Shinta Romadhona, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
5. Bapak Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
6. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro.
7. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto
8. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Purwokerto, 3 Juli 2024


(Zulfa Andhini Putri Pertiwi)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PENGESAHAN.....	II
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	III
PRAKATA.....	IV
ABSTRAK	V
<i>ABSTRACT</i>	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR TABEL.....	XI
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH.....	3
1.4 TUJUAN.....	3
1.5 MANFAAT.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 KAJIAN PUSTAKA	5
2.2 MODULASI SINYAL RADIO	7
2.2.1 Modulasi Analog	7
2.2.2 Modulasi Digital.....	8
2.2 MODULASI QAM	10
2.3 CITRA SPEKTROGRAM.....	12
2.3.1 Dasar Teori Spektrogram	12
2.4 <i>ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)</i>.....	13
2.5 <i>NEURAL NETWORK (JARINGAN SYARAF TIRUAN)</i>	14
2.6 <i>DEEP LEARNING (DL)</i>	16
2.7 <i>ARSITEKTUR CONVOLUTION NEURAL NETWORK (CNN)</i>.....	19
2.7.1 <i>Convolutional Layer</i>	19
2.7.2 <i>Pooling Layer</i>	20

2.7.3	<i>Fully Connected Layer</i>	21
2.8	DENSENET (DENSE CONVOLUTIONAL NETWORK)	21
2.9	RECTIFIED LINEAR UNIT (ReLU)	24
2.10	CLASSIFICATION LAYER	25
2.11	EPOCH	26
2.12	CONFUSION MATRIX	26
2.12.2	<i>Accuracy</i>	27
2.12.2	<i>Recall</i>	28
2.12.3	<i>Precision</i>	28
2.12.4	<i>F1-Score</i>	28
BAB III	METODE PENELITIAN	29
3.1	ALAT DAN BAHAN	29
3.1.1	<i>Perangkat Keras (Hardware)</i>	29
3.1.2	<i>Perangkat Lunak (Software)</i>	30
3.1.3	<i>Library Python</i>	30
3.1.4	<i>Dataset</i>	31
3.2	ALUR PENELITIAN	31
3.3	BLOK DIAGRAM	36
3.4	PERANCANGAN SISTEM	36
BAB IV	38
HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	PARAMETER EKSPERIMEN	38
4.2	ANALISA HASIL EKSPERIMEN	42
4.2.1	Analisis Variasi Epoch Untuk Training dan Validation	42
4.2.2	Analisis Evaluasi dari Confusion Matrix pada data Testing	74
BAB 5	94
5.1	KESIMPULAN	94
5.2	SARAN	95
DAFTAR PUSTAKA	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modulasi Amplitudo [11].....	7
Gambar 2.2 Modulasi Frekuensi [11]	8
Gambar 2. 3 Modulasi Fase [11].....	8
Gambar 2. 4 <i>Amplitude Shift Keying</i> [11]	9
Gambar 2. 5 <i>Frequency Shift Keying</i> [11]	10
Gambar 2. 6 <i>Phase Shift Keying</i> [11].....	10
Gambar 2. 7 Blok Diagram Modulator QAM [3]	11
Gambar 2. 8 Blok Diagram Demodulator QAM [3]	11
Gambar 2. 9 <i>Spektogram</i> Warna untuk 2 Dimensi [14].....	13
Gambar 2. 10 Struktur Lapisan <i>Neural Network</i> [19].....	15
Gambar 2. 11 Arsitektur CNN [23].....	19
Gambar 2. 12 Contoh Proses konvolusi [24]	20
Gambar 2. 13 Contoh Proses <i>Max Pooling</i> dan <i>Average Pooling</i> [24]....	20
Gambar 2. 14 Arsitektur <i>DenseNet-121</i> [26].....	22
Gambar 2.15 Lapisan <i>DenseNet</i> [26].....	23
Gambar 2. 16 <i>Fully Connected Layer</i> [29]	26
Gambar 2. 17 <i>Confusion matrix</i> [31].	27
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	32
Gambar 3. 2 <i>Flowchart Preprocessing DenseNet-121</i>	34
Gambar 3. 3 Blok Diagram	36
Gambar 4. 1 <i>Output</i> model dari CNN	40
Gambar 4.3 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 15....	44
Gambar 4.4 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 15.....	45
Gambar 4.5 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 20....	47
Gambar 4.6 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 20.....	47
Gambar 4. 7 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 25... 50	
Gambar 4. 8 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 25.....	50
Gambar 4. 9 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 30... 52	
Gambar 4. 10 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 30.....	52
Gambar 4. 11 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 35. 54	
Gambar 4. 12 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 35.....	55
Gambar 4. 13 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 40. 57	
Gambar 4. 14 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 40.....	57
Gambar 4. 15 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 45. 59	
Gambar 4. 16 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 45.....	60
Gambar 4. 17 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 50. 62	
Gambar 4. 18 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 50.....	62
Gambar 4. 19 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 60. 65	
Gambar 4. 20 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 60.....	65
Gambar 4. 21 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 70. 68	
Gambar 4. 22 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 70. 68	
Gambar 4. 23 <i>Accuracy</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 80. 71	
Gambar 4. 24 <i>Loss</i> pada <i>Training</i> dan <i>Validation</i> dengan <i>Epoch</i> 80.....	72

Gambar 4.26 <i>Confusion Matrix</i> Untuk Prediksi Skema SNR.....	75
Gambar 4. 27 Hasil Evaluasi dari 16 QAM pada SNR -20 dB.....	76
Gambar 4. 28 Hasil Evaluasi dari 16 QAM pada SNR -10 dB.....	77
Gambar 4. 29 Hasil Evaluasi dari 16 QAM pada SNR 0 dB	78
Gambar 4. 30 Hasil Evaluasi dari 16 QAM pada SNR 10 dB	79
Gambar 4. 31 Hasil Evaluasi dari 16 QAM pada SNR 20 dB	80
Gambar 4. 32 Hasil Evaluasi dari 16 QAM pada SNR 30 dB	81
Gambar 4. 33 Hasil Evaluasi dari 32 QAM pada SNR -20 dB.....	82
Gambar 4. 34 Hasil Evaluasi dari 32 QAM pada SNR -10 dB.....	83
Gambar 4. 35 Hasil Evaluasi dari 32 QAM pada SNR 0 dB	84
Gambar 4. 36 Hasil Evaluasi dari 32 QAM pada SNR 10 dB	85
Gambar 4. 37 Hasil Evaluasi dari 32 QAM pada SNR 20 dB	86
Gambar 4. 38 Hasil Evaluasi dari 32 QAM pada SNR 30 dB	87
Gambar 4. 39 Hasil Evaluasi dari 64 QAM pada SNR -20 dB.....	88
Gambar 4. 40 Hasil Evaluasi dari 64 QAM pada SNR -10 dB.....	89
Gambar 4. 41 Hasil Evaluasi dari 64 QAM pada SNR 0 dB	90
Gambar 4. 42 Hasil Evaluasi dari 64 QAM pada SNR 10 dB	91
Gambar 4. 43 Hasil Evaluasi dari 64 QAM pada SNR 20 dB	92
Gambar 4. 44 Hasil Evaluasi dari 64 QAM pada SNR 30 dB	93

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	29
Tabel 3. 2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	30
Tabel 3. 3 <i>Library</i> Python	30
Tabel 4.1 <i>Hyperparameter</i>	41
Tabel 4. 2 Hasil <i>Epoch</i> 15	43
Tabel 4. 3 Hasil <i>Epoch</i> 20.....	46
Tabel 4. 4 Hasil <i>Epoch</i> 25.....	48
Tabel 4. 5 Hasil <i>Epoch</i> 30.....	51
Tabel 4. 6 Hasil <i>Epoch</i> 35.....	53
Tabel 4. 7 Hasil <i>Epoch</i> 40.....	55
Tabel 4. 8 Hasil <i>Epoch</i> 45.....	58
Tabel 4. 9 Hasil <i>Epoch</i> 50.....	60
Tabel 4. 10 Hasil <i>Epoch</i> 50.....	63
Tabel 4. 11 Hasil <i>Epoch</i> 70.....	66
Tabel 4. 12 Hasil <i>Epoch</i> 80.....	69