



SKRIPSI

KLASIFIKASI PENYAKIT PARU-PARU BERDASARKAN SUARA PERNAPASAN MENGUNAKAN METODE RESNET101 DAN Bi-GRU

KARTIKA SARI
NPM 21081010287

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.
Afina Lina Nurlaili, S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

KLASIFIKASI PENYAKIT PARU-PARU BERDASARKAN SUARA PERNAPASAN MENGUNAKAN METODE RESNET101 DAN Bi-GRU

KARTIKA SARI
NPM 21081010287

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.
Afina Lina Nurlaili S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**

Halaman ini sengaja dikosongkan

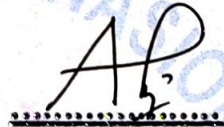
LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI PENYAKIT PARU-PARU BERDASARKAN SUARA PERNAPASAN MENGGUNAKAN METODE RESNET101 DAN BI-GRU

Oleh :
KARTIKA SARI
NPM. 21081010287

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 26 November 2025.

Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.
NPT. 222198 60 816400



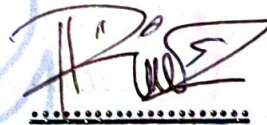
(Pembimbing I)

Afina Lina Nuriati, S.Kom., M.Kom.
NIP. 1993121 3202203 2 010



(Pembimbing II)

Dr. Rizky Partika, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19840518 202121 1 003



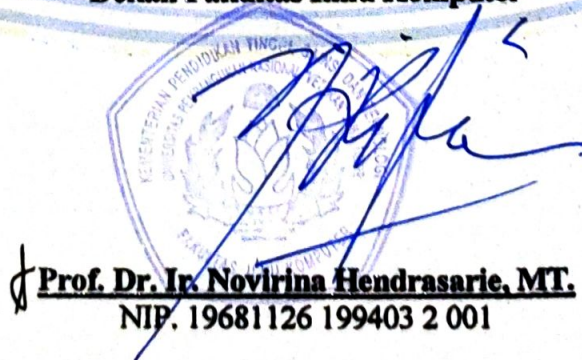
(Penguji I)

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19781110 202521 1 048



(Penguji II)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP. 19681126 199403 2 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERSETUJUAN

KLASIFIKASI PENYAKIT PARU-PARU BERDASARKAN SUARA PERNAPASAN MENGGUNAKAN METODE RESNET101 DAN BI-GRU

Oleh :
KARTIKA SARI
NPM. 21081010287



Menyetujui,
Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer

Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19820211 202121 2 005

Halaman ini sengaja dikosongkan

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Kartika Sari
NPM : 21081010287
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Informatika
Fakultas : Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan juga untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 03 Desember 2025
Yang Membuat Pernyataan,


Kartika Sari
NPM. 21081010287

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Kartika Sari / 21081010287
Judul Skripsi : Klasifikasi Penyakit Paru-Paru Berdasarkan Suara Pernapasan Menggunakan Metode Resnet101 dan Bi-GRU
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.
2. Afina Lina Nurlaili S.Kom., M.Kom.

Penyakit paru-paru merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di dunia, sehingga deteksi dini menjadi langkah penting dalam pencegahan dan penanganannya. Salah satu metode yang penting dan cepat untuk deteksi dini ialah auskultasi pernapasan, namun teknik ini masih memiliki keterbatasan berupa hasil yang subjektif dan gangguan *noise* pada sinyal suara. Sehingga, penelitian ini menggunakan *machine learning* yang bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi penyakit paru-paru berdasarkan suara pernapasan menggunakan kombinasi metode ResNet101 dan Bi-GRU. Dataset yang digunakan adalah ICBHI 2017 yang berisi rekaman suara pernapasan dari berbagai kondisi paru, seperti COPD, *pneumonia*, URTI, *bronchiolitis*, *bronchiectasis*, dan *healthy*. Proses ekstraksi fitur dilakukan dengan mengubah sinyal audio menjadi representasi *log Mel spectrogram*, yang kemudian diproses secara paralel oleh ResNet101 untuk mengekstraksi fitur spektral dan Bi-GRU untuk menangkap informasi temporal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi, dengan akurasi 91.77%, *precision* 93.75%, *recall* 91.77%, dan *F1-score* 92.09%. Secara keseluruhan, hasil ini memperlihatkan bahwa integrasi fitur spektral dari ResNet101 dan fitur temporal dari Bi-GRU mampu membentuk representasi yang lebih kaya dan informatif, sehingga model dapat mengenali pola dua dimensi pada *log Mel spectrogram* sekaligus memahami dinamika perubahan sinyal pernapasan secara stabil dan akurat.

Kata kunci : Klasifikasi Penyakit Paru-paru, Suara Pernapasan, *Log Mel Spectrogram*, ResNet101, Bi-GRU

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Student Name / NPM : Kartika Sari / 21081010287
Thesis Title : Lung Diseases Classification Based on Respiratory Sound Using ResNet101 and Bi-GRU
Advisors : 1. Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.
2. Afina Lina Nurlaili S.Kom., M.Kom.

Lung disease is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide, making early detection an important step in prevention and treatment. One important and rapid method for early detection is respiratory auscultation, but this technique still has limitations in the form of subjective results and noise interference in sound signals. Therefore, this study uses machine learning to develop a classification model for lung disease based on respiratory sounds using a combination of the ResNet101 and Bi-GRU methods. The dataset used is ICBHI 2017, which contains respiratory sound recordings from various lung conditions, such as COPD, pneumonia, URTI, bronchiolitis, bronchiectasis, and healthy. The feature extraction process is carried out by converting the audio signal into a log Mel spectrogram representation, which is then processed in parallel by ResNet101 to extract spectral features and Bi-GRU to capture temporal information. The test results show that the combination of these two methods produces high classification performance, with an accuracy of 91.77%, precision of 93.75%, recall of 91.77%, and an F1-score of 92.09%. Overall, these results show that integrating spectral features from ResNet101 and temporal features from Bi-GRU can form richer and more informative representations, enabling the model to recognize two-dimensional patterns in Mel spectrogram logs while understanding the dynamics of respiratory signal changes in a stable and accurate manner.

Keywords: Lung Disease Classification, Respiratory Sound, Log Mel Spectrogram, ResNet101, Bi-GRU

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menuntaskan skripsi yang berjudul **“Klasifikasi Penyakit Paru-paru Berdasarkan Suara Pernapasan Menggunakan Metode ResNet101 dan Bi-GRU”** dengan baik. Proses penyusunan skripsi ini tidaklah mudah. Penyelesaian skripsi ini tidak akan terlaksana tanpa kontribusi, kerja sama, dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Akhmad Fauzi, M.M.T., IPU., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Skripsi Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Ibu Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Pertama, yang telah memberikan bimbingan, motivasi, beserta masukan berharga selama seluruh proses penulisan skripsi.
6. Ibu Afina Lina Nurlaili, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Kedua dan Dosen Wali, atas waktu, bimbingan, dan arahan yang diberikan selama proses perkuliahan serta dalam penyusunan skripsi.
7. Bapak Dr. Rizky Parlika, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Penguji Pertama, atas arahan, kritik, dan masukan yang diberikan selama proses sidang skripsi, sehingga penulis dapat mengetahui kelemahan penelitian dan memperbaikinya.
8. Bapak Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Penguji Kedua, atas masukan dan saran sehingga penulis dapat memperbaiki penelitian.

9. Bapak/Ibu dosen dan staf Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang memperluas pengetahuan dan wawasan penulis selama masa perkuliahan.
10. Kedua orang tua dan kakak penulis, yang selalu memberikan dorongan moral, serta dukungan finansial tanpa henti sehingga penulis mampu bertahan hidup serta mampu menuntaskan studi dan penyusunan skripsi.
11. Sahabat-sahabat dekat penulis yang selalu menemani, memberikan semangat, dan bantuan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
12. Teman-teman Informatika angkatan 2021 yang memberikan bantuan dan kenangan semasa perkuliahan.
13. Diri sendiri. Meskipun rintangan tidak ada habisnya, terima kasih telah bertahan hingga studi berhasil diselesaikan.

Penulis memahami bahwa penyusunan skripsi ini tetap memiliki kekurangan dan keterbatasan. Karena itu, segala saran beserta kritik membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan pada masa yang akan datang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat serta memberikan kontribusi, baik dari segi pengembangan ilmu pengetahuan maupun sebagai referensi dalam penelitian selanjutnya.

Surabaya, 26 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	vi
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xii
KATA PENGANTAR.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR KODE PROGRAM	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Sistem Pernapasan Manusia.....	9
2.3 Penyakit Paru-paru.....	11
2.4 Suara Pernapasan	15
2.5 Pengolahan Sinyal Audio.....	17
2.6 <i>Log Mel Spectrogram</i>	19
2.7 <i>Residual Network</i> (ResNet).....	21
2.8 <i>Bidirectional Gated Recurrent Unit</i> (Bi-GRU).....	27
2.9 <i>Confusion Matrix</i>	29
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	33
3.1 Metode Penelitian.....	33
3.2 Studi Literatur	33
3.3 Pengumpulan Data	34
3.4 <i>Pre-processing</i> Data.....	36

3.4.1	Penghapusan 2 Kelas Diagnosis.....	36
3.4.2	Pembatasan Lokasi Perekaman Suara	36
3.4.3	Augmentasi Data	37
3.4.4	Ekstraksi Fitur	37
3.4.5	Normalisasi	43
3.5	Model Klasifikasi Menggunakan ResNet101 dan BiGRU	44
3.6	Skenario Pengujian.....	48
3.7	Evaluasi Hasil dan Performa Model	48
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS		51
4.1	Pengumpulan Data	51
4.2	<i>Pre-processing</i> Data.....	53
4.2.1	Penghapusan 2 Kelas Diagnosis.....	54
4.2.2	Pembatasan Lokasi Perekaman Suara	55
4.2.3	Augmentasi Data	56
4.2.4	Ekstraksi Fitur	60
4.3	Klasifikasi Menggunakan ResNet101 dan BI-GRU	65
4.4	Pengujian dan Implementasi Model.....	71
4.4.1	Pengujian <i>Hyperparameter Split</i> Data	71
4.4.2	Pengujian <i>Hyperparameter Learning Rate</i>	78
4.4.3	Pengujian <i>Hyperparameter Batch Size</i>	84
4.4.4	Pengujian <i>Hyperparameter Epoch</i>	91
4.4.5	Analisis Keseluruhan Pengujian	97
4.5	Evaluasi Hasil.....	98
4.5.1	Bi-GRU	98
4.5.2	ResNet101	101
4.5.4	Analisis Hasil Perbandingan	104
BAB V PENUTUP		107
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA		109
LAMPIRAN.....		113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Letak Paru-paru Berdasarkan Relasi Dengan Tulang Rusuk [17]	10
Gambar 2.2 Sistem Pernapasan Atas dan Bawah [17]	10
Gambar 2.3 Gelombang Suara Diagnosis <i>Asthma</i> [21]	11
Gambar 2.4 Gelombang Suara Diagnosis <i>Bronchiectasis</i> [21].....	12
Gambar 2.5 Gelombang Suara Diagnosis COPD [21]	12
Gambar 2.6 Gelombang Suara Diagnosis URTI [21]	13
Gambar 2.7 Gelombang Suara Diagnosis <i>Bronchiolitis</i> [21].....	14
Gambar 2.8 Gelombang Suara Diagnosis <i>Pneumonia</i> [21]	14
Gambar 2.9 Gelombang Suara Pernapasan Normal [1]	15
Gambar 2.10 Gelombang Suara <i>Wheeze</i> [1]	16
Gambar 2.11 Gelombang Suara <i>Crackle</i> [1].....	16
Gambar 2.15 <i>Log Mel spectrogram</i>	20
Gambar 2.16 Struktur Blok <i>Residual</i> [31]	25
Gambar 2.17 Arsitektur GRU [24].....	27
Gambar 2.18 Arsitektur Bi-GRU [24]	28
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian	33
Gambar 3.2 Contoh Sinyal Suara.....	34
Gambar 3.3 Contoh Beberapa File Audio Pada Dataset	35
Gambar 3.4 Tahap <i>Preprocessing</i> Data	36
Gambar 3.5 Contoh Potongan Sinyal Audio.....	37
Gambar 3.6 Model Klasifikasi Menggunakan ResNet101 dan BiGRU	44
Gambar 4.1 Hasil Penggabungan Data Rekam Pasien dan Diagnosis Pasien	52
Gambar 4.2 Jumlah Data Audio per Diagnosis.....	53
Gambar 4.3 Hasil Penghapusan Dua Kelas (Asma dan LRTI).....	54
Gambar 4.4 Hasil Pembatasan Maksimal Tiga Lokasi Perekaman Suara	56
Gambar 4.5 <i>Original</i> Audio	56
Gambar 4.6 Hasil Audio Setelah <i>Denoising</i>	57
Gambar 4.7 Hasil Audio Setelah <i>Time Stretch</i>	58
Gambar 4.8 Hasil Audio Setelah <i>Pitch Shift</i>	59
Gambar 4.9 Jumlah Data Setelah Augmentasi.....	60
Gambar 4.10 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Split Data</i> 60:40.....	72

Gambar 4.11 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Split Data</i> 70:30.....	74
Gambar 4.12 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Split Data</i> 80:20	76
Gambar 4.13 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Learning Rate</i> 0.01	78
Gambar 4.14 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Learning Rate</i> 0.001	80
Gambar 4.15 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Learning Rate</i> 0.0001	82
Gambar 4.16 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Batch Size</i> 16	85
Gambar 4.17 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Batch Size</i> 64	87
Gambar 4.18 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Batch Size</i> 128	88
Gambar 4.19 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Epoch</i> 20	91
Gambar 4.20 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Epoch</i> 30	93
Gambar 4.21 <i>Confusion Matrix</i> Skenario <i>Epoch</i> 50	95
Gambar 4.22 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Uji Bi-GRU	99
Gambar 4.23 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Uji ResNet101	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Arsitektur ResNet101	26
Tabel 2.2 <i>Confusion Matrix</i>	29
Tabel 3.1 Format Penamaan File Suara Pernapasan	35
Tabel 3.2 <i>Windowing</i> Pada Sinyal Uji	38
Tabel 3.3 Resolusi Frekuensi Ke-m	39
Tabel 3.4 Perhitungan Energi Sinyal Uji Hasil <i>Windowing</i> Untuk $m = 1$	40
Tabel 3.5 Perhitungan Energi Untuk $m = 0$ hingga $m = 4$	41
Tabel 3.6 Konversi Satuan <i>Heartz</i> ke Satuan <i>Mel</i>	41
Tabel 3.7 Penentuan Rentang <i>Mel</i> dan Titik Tengah <i>Mel</i> Untuk Setiap Filter	42
Tabel 3.8 Perhitungan Bobot Frekuensi Setiap Filter	42
Tabel 3.9 Skenario Uji	48
Tabel 4.1 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Split</i> Data 60:40	73
Tabel 4.2 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Split</i> Data 70:30	75
Tabel 4.3 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Split</i> Data 80:20	76
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Split</i> Data	77
Tabel 4.5 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Learning Rate</i> 0.01	79
Tabel 4.6 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Learning Rate</i> 0.001	81
Tabel 4.7 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Learning Rate</i> 0.0001	83
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Learning Rate</i>	84
Tabel 4.9 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Batch Size</i> 16	86
Tabel 4.10 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Batch Size</i> 64	87
Tabel 4.11 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Batch Size</i> 128	89
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Batch Size</i>	90
Tabel 4.13 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Epoch</i> 20	92
Tabel 4.14 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Epoch</i> 30	94
Tabel 4.15 <i>Classification Report</i> Skenario <i>Epoch</i> 50	95
Tabel 4.16 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Epoch</i>	96
Tabel 4.17 <i>Classification Report</i> Hasil Uji Bi-GRU	100
Tabel 4.18 <i>Classification Report</i> Hasil Uji ResNet101	103
Tabel 4.19 Perbandingan Performa Model	105

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 4.1 Pemisahan Nama File Rekaman Audio	52
Kode Program 4.2 Penggabungan Data Rekam dan Diagnosis Pasien.....	52
Kode Program 4.3 Penghapusan 2 Kelas Diagnosis	54
Kode Program 4.4 Pembatasan Lokasi Perekaman Suara	55
Kode Program 4.5 <i>Denoising</i>	57
Kode Program 4.6 <i>Time Stretch</i>	58
Kode Program 4.7 <i>Pitch Shift</i>	59
Kode Program 4.8 <i>Framing</i>	61
Kode Program 4.9 <i>Windowing</i>	61
Kode Program 4.10 Proses FFT pada Setiap <i>Frame</i>	62
Kode Program 4.11 Konversi Frekuensi dan Skala <i>Mel</i>	62
Kode Program 4.12 Inisialisasi dan Titik Skala <i>Mel</i>	63
Kode Program 4.13 Pembuatan <i>Filterbank</i> Segitiga.....	64
Kode Program 4.14 Pemakaian <i>Mel Filter Bank</i>	64
Kode Program 4.15 <i>Log Mel Spectrogram</i>	65
Kode Program 4.16 <i>X-mels</i>	66
Kode Program 4.17 <i>Y-labels</i>	66
Kode Program 4.18 Normalisasi	67
Kode Program 4.19 <i>Encode label one-hot</i>	67
Kode Program 4.20 Persiapan <i>Input</i> ResNet101 dan Bi-GRU	68
Kode Program 4.21 <i>Split</i> data	68
Kode Program 4.22 Model paralel Resnet101	69
Kode Program 4.23 Model paralel Bi-GRU	69
Kode Program 4.24 <i>Concatenation</i> dan <i>Output</i>	70
Kode Program 4.25 <i>Training</i>	71
Kode Program 4.26 Evaluasi.....	71

Halaman ini sengaja dikosongkan