

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab 4 akan membahas hasil serta analisa pengujian dari rancangan model yang telah dibuat, mengenai klasifikasi penyakit jantung pada sinyal EKG dengan metode *Recurrent Neural Network* (RNN) dengan menggunakan *The PTB Diagnostic ECG Database*.

4.2 Persiapan Dataset

Penelitian ini menggunakan dataset *The PTB Diagnostic ECG Database* dengan mengambil 3 kelas yaitu kelas *Dysrhythmia*, kelas *Myocardial hypertrophy*, dan kelas *Healthy controls*. Dataset ini tidak memiliki pelabelan, maka terlebih dahulu memberikan label pada masing-masing dataset yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pembagian label pada tiap kelas dataset

Kelas	Label	Jumlah Data
<i>Healthy control</i>	0	80
<i>Hypertrophy</i>	1	7
<i>Dysrhythmia</i>	2	16
Total Data		103

Tabel 4.1 melakukan pembagian label pada masing-masing kelas yang akan diklasifikasikan, pada kelas *Healthy control* diberi label 0 dengan jumlah rekaman sebanyak 80, pada kelas *Hypertrophy* diberi label 1 dengan jumlah rekaman

sebanyak 7, dan pada kelas *Dysrhythmia* diberi label 2 dengan jumlah rekaman sebanyak 16.

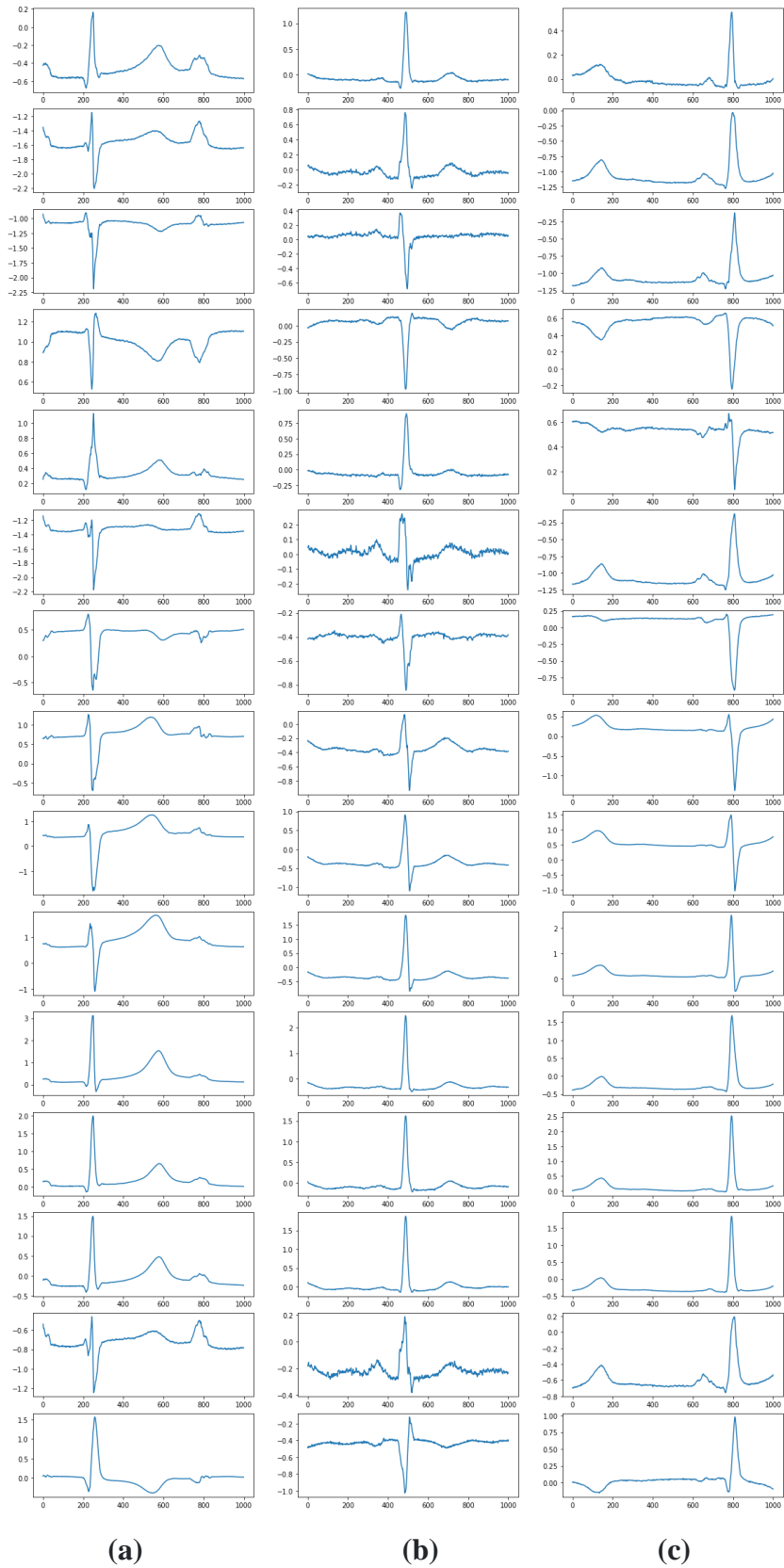
4.2.1 Hasil Pengujian Segmentasi

Tahap selanjutnya yaitu segmentasi sinyal EKG, Segmentasi pada sinyal EKG ini menggunakan *window size*. Pada pengujian ini memiliki 4 skenario untuk tiap panjang waktu perekaman, dengan frekuensi sampling yaitu 1000Hz artinya 1000 node dalam sinyal adalah 1 detik untuk skenario 1, untuk skenario ke 2 yaitu menggunakan frekuensi sampling 1000Hz yang dikalikan dengan waktu rekaman selama 2 detik, untuk skenario ke 3 yaitu menggunakan frekuensi sampling 1000Hz yang dikalikan dengan rekaman waktu selama 3 detik, dan untuk skenario ke 4 yaitu menggunakan frekuensi sampling 1000Hz yang dikalikan dengan panjang waktu perekaman 4 detik. Berikut panjang waktu perekaman pada tiap skenario :

1. Skenario pertama: rekaman waktu *window size* selama 1 detik ialah 1000.
2. Skenario kedua : rekaman waktu *window size* selama 2 detik ialah 2000.
3. Skenario ketiga : rekaman waktu *window size* selama 3 detik ialah 3000.
4. Skenario keempat: rekaman waktu *window size* selama 4 detik ialah 4000.

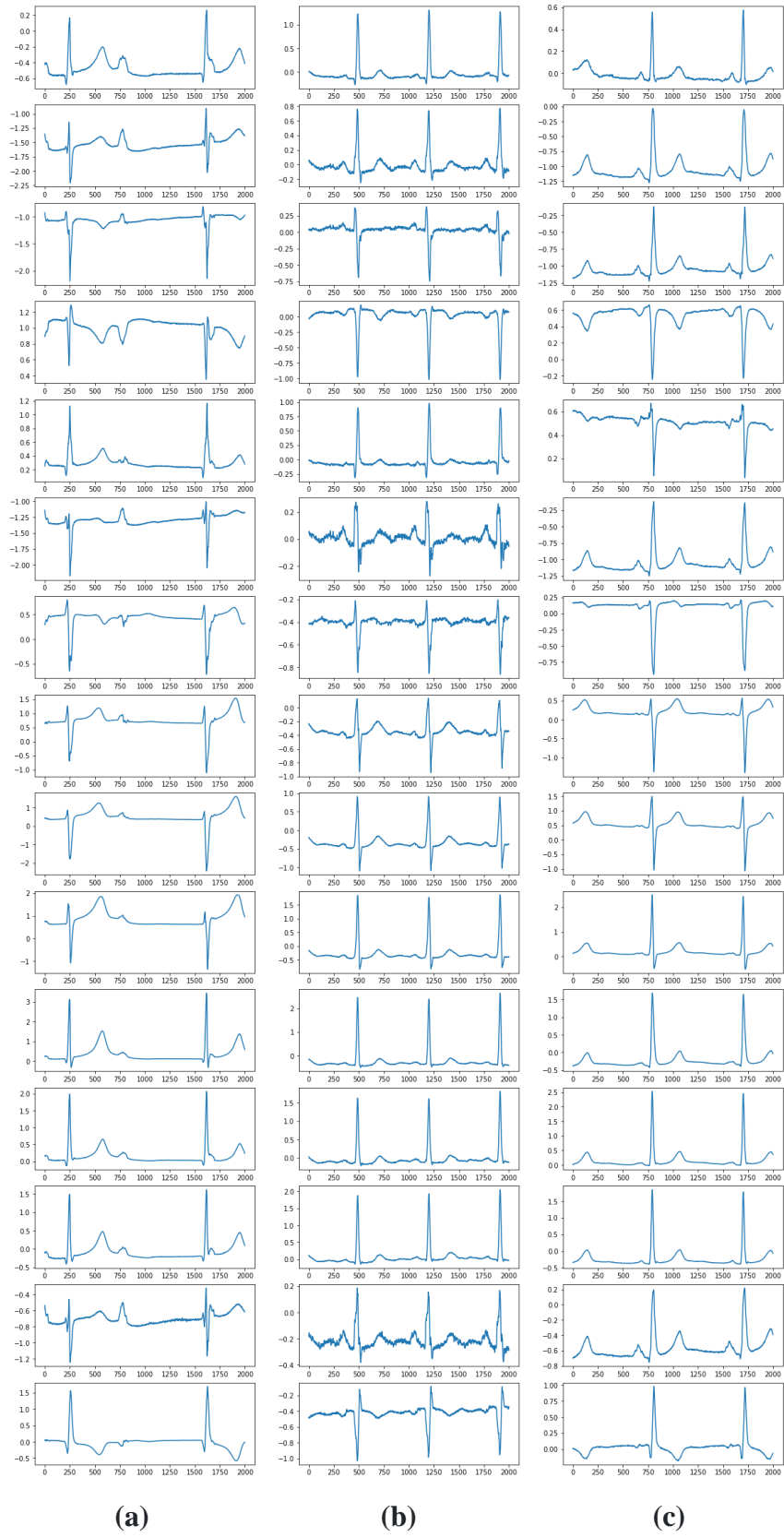
Pada pengujian skenario pertama menggunakan *window size* 1 detik yaitu berarti 1000 node, pada pengujian skenario 2 menggunakan *window size* 2 detik yaitu berarti 2000 node. Pada pengujian skenario 3 menggunakan *window size* 3 detik yang berarti 3000 node, dan pada pengujian skenario 4 *window size* 4 detik yang berarti 4000 node.

Pada gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4 dapat dilihat bentuk sinyal EKG berdasarkan masing-masing waktu perekaman *window size*. Gambar 4.1 merupakan bentuk sinyal dari hasil waktu perekaman *window size* 1 detik, gambar 4.2 merupakan bentuk sinyal dari hasil waktu perekaman *window size* 2 detik, gambar 4.3 merupakan bentuk sinyal dari hasil waktu perekaman *window size* 3 detik, dan gambar 4.4 merupakan bentuk sinyal dari hasil waktu perekaman *window size* 4 detik. Berikut gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4 yang menunjukkan bentuk sinyalnya.



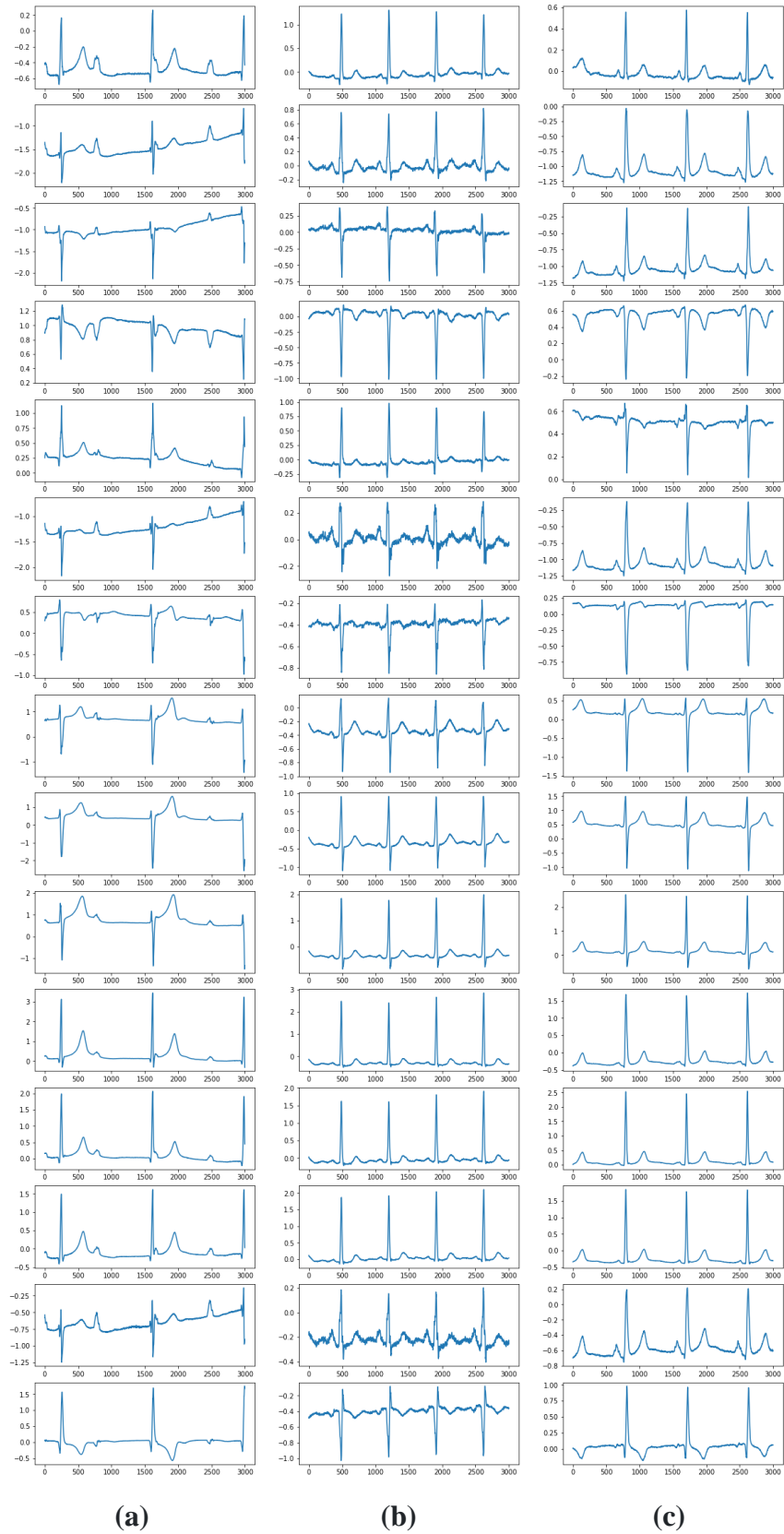
Gambar 4. 1 Sinyal EKG berdasarkan window size 1 detik

(a) *Dysrhythmia* (b) *Hypertrophy* (c) *Healthy Control*



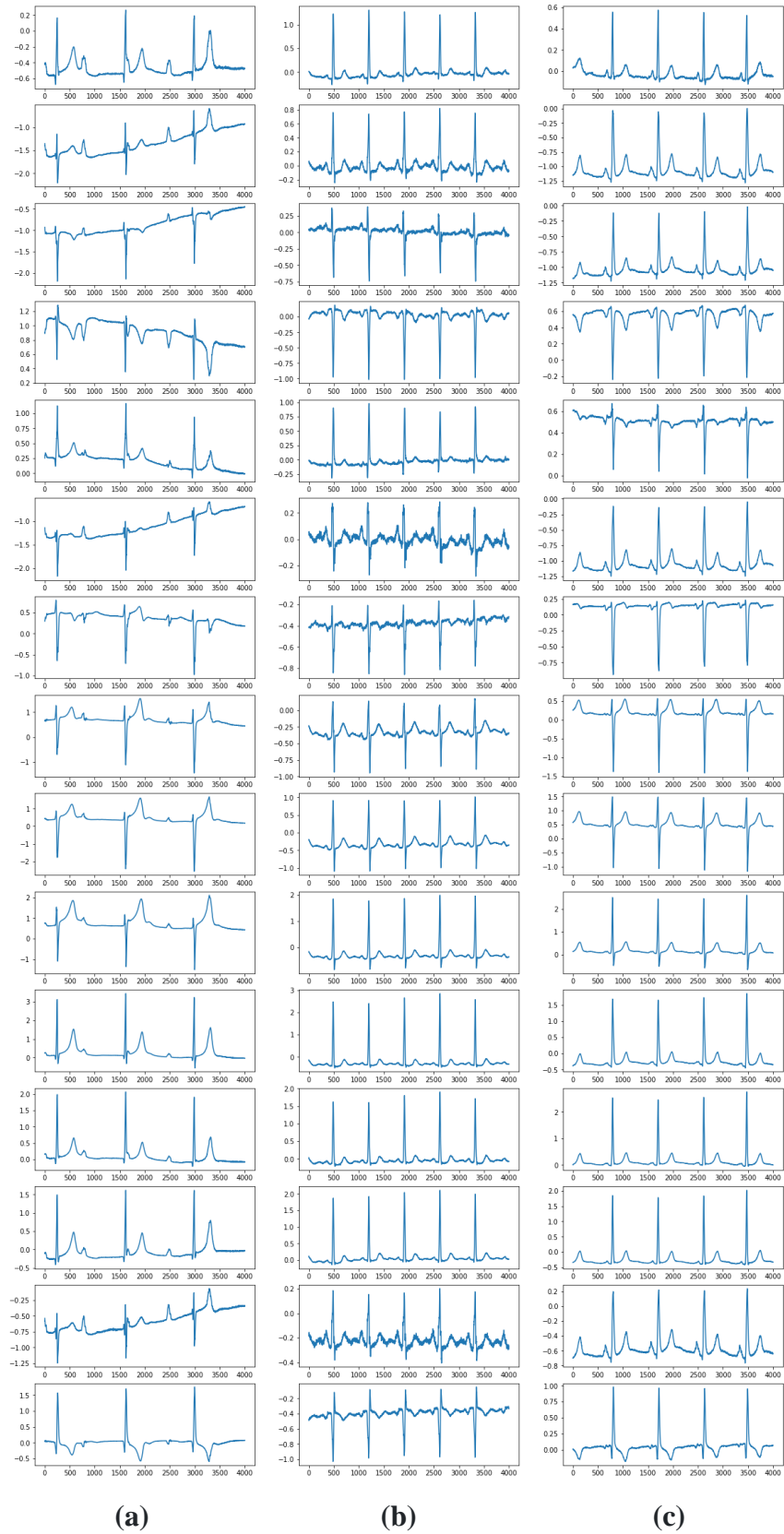
Gambar 4. 2 Sinyal EKG berdasarkan *window size* 2 detik

(a) *Dysrhythmia* (b) *Hypertrophy* (c) *Healthy Control*



Gambar 4. 3 Sinyal EKG berdasarkan *window size* 3 detik

(a) *Dysrhythmia* (b) *Hypertrophy* (c) *Healthy Control*



Gambar 4. 4 Sinyal EKG berdasarkan *window size* 4 detik

(a) *Dysrhythmia* (b) *Hypertrophy* (c) *Healthy Control*

4.2.2 Hasil *Resampling* Data

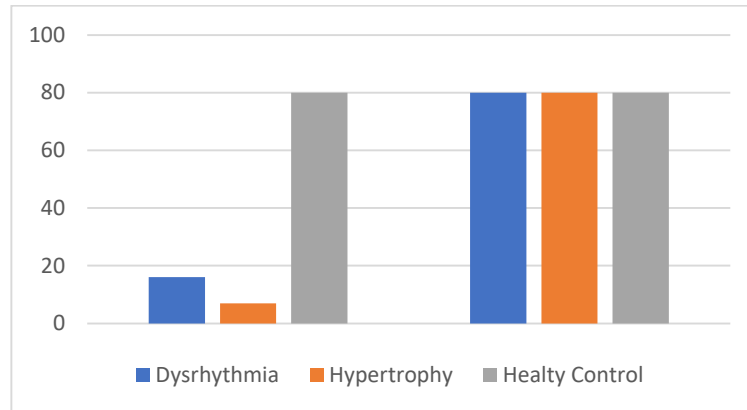
Pada dataset ini data yang digunakan masih tidak seimbang (*imbalance*) yang mengharuskan melakukan *resampling* data agar dapat mendapatkan hasil klasifikasi yang baik. *Resampling* data pengujian ini menggunakan metode *Random Oversampling* (ROS), dimana metode ini menduplikasi jumlah dataset yang kurang. Pada penelitian setiap hasil segmentasi menghasilkan jumlah data yang berbeda-beda, berikut tabel 4.2 menunjukkan jumlah masing-masing data sebelum diresampling dan sesudah diresampling:

Tabel 4. 2 Jumlah data sebelum dan sesudah diresampling

Segmentasi	Data Tidak Seimbang (Imbalance)	Data Seimbang (Balance)
1 detik	2571	6309
2 detik	3448	8464
3 detik	5180	12698
4 detik	10392	25474

Tabel 4.2 merupakan hasil dari jumlah data yang masih data asli atau belum diresampling dan jumlah data yang telah diresampling, data yang digunakan berdasarkan dari masing-masing skenario segmentasi. Untuk data segmentasi 1 detik pada data tidak seimbang memiliki data sebanyak 2571 dan data hasil resampling sebanyak 6309, data pada segmentasi 2 detik pada data tidak seimbang memiliki data sebanyak 3448 dan data hasil resampling sebanyak 8464, data pada segmentasi 3 detik pada data tidak seimbang memiliki data sebanyak 5180 dan data hasil resampling sebanyak 12698, dan data pada segmentasi 4 detik pada data tidak seimbang memiliki data sebanyak 10392 dan data hasil resampling sebanyak 25474.

Data sebelum dan sesudah diresampling pada keseluruhan skenario dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik data sebelum dan setelah dilakukan resampling

Gambar 4.5 menunjukkan grafik data yang telah diresampling, pada gambar ditunjukkan hasil resampling dari keseluruhan rekaman. Pada rekaman resampling *Dysrhythmia* memiliki jumlah rekaman 16 yang diresampling menjadi 80, pada *Hypertrophy* memiliki jumlah rekaman 7 yang diresampling menjadi 80 dan *Healthy Control* dengan jumlah data 80.

4.3 Klasifikasi Menggunakan *Recurrent Neural Network* (RNN)

Tahap klasifikasi pengujian ini menggunakan metode RNN, dimana data yang masuk berasal dari data yang telah dilakukan pre-processing. Sebelum melakukan proses klasifikasi, data dibagi untuk melakukan proses pelatihan dan pengujian dengan perbandingan data yaitu 90:10 dalam persentase (%). Pada tahap ini terdapat 2 pengujian yaitu untuk data sebelum di-resampling dan setelah di-resampling. Pengujian tersebut dilakukan karena akan membandingkan *performance* mana yang lebih baik, data asli yang tidak seimbang (*imbalance*) atau data yang telah diresampling sehingga menjadi data yang seimbang (*balance*).

4.3.1 Hasil Pengujian Klasifikasi Menggunakan *Recurrent Neural Network* (RNN) pada Data Tidak Seimbang (*Imbalance*)

Pengujian ini menggunakan data yang belum di-resampling karena itu data yang digunakan masih tidak seimbang (*Imbalance*). Berikut hasil pengujian klasifikasi penyakit jantung dengan rasio perbandingan 90:10 dalam persentase

(%), hidden layer yang digunakan sebanyak 3 kali tuning, *batch size* 512 iterasi dan percobaan ini melakukan Early Stopping training pada model yang telah tepat dengan 1000 epoch.

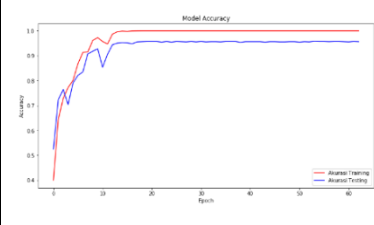
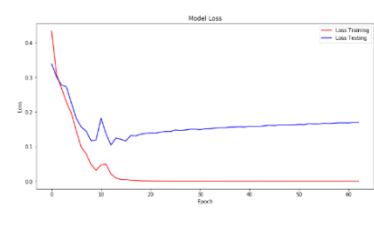
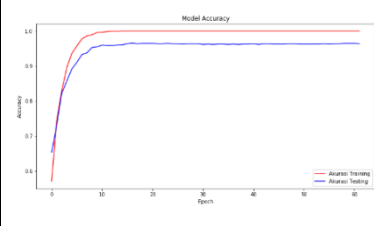
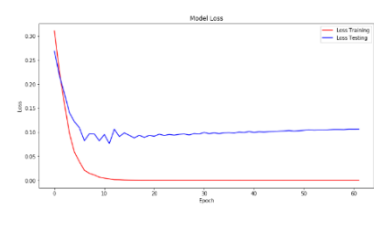
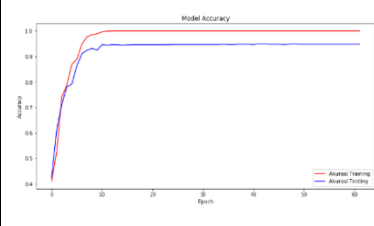
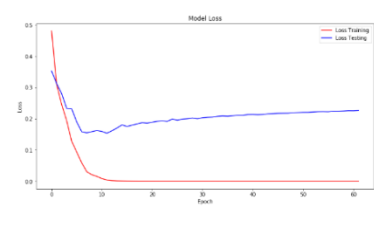
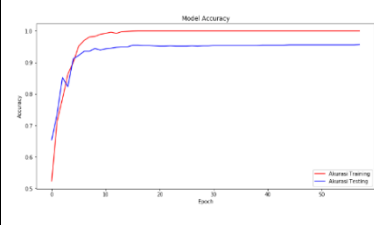
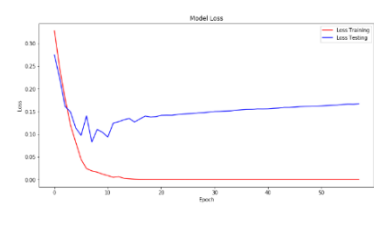
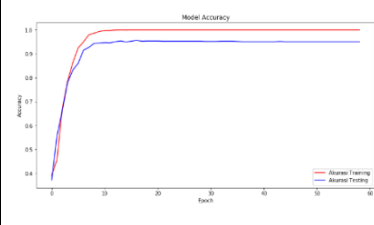
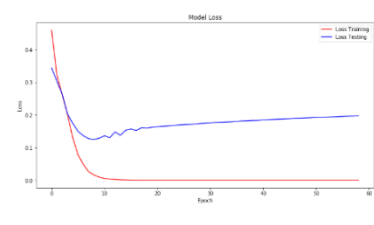
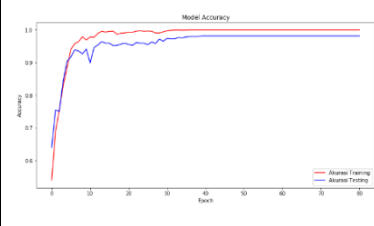
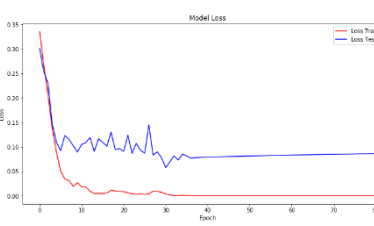
4.3.1.1 Hasil Validasi Data Tidak Seimbang (*Imbalance*) pada Skenario 1

Pengujian pada skenario pertama menggunakan panjang waktu perekaman *window size* selama 1 detik yang berarti 1000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentase (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.3 hasil pengujian yang dilakukan pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 1 :

Tabel 4. 3 Hasil pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) pada skenario 1

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 63	SimpleRNN	99.56%	96.10%
2		Epoch 62	LSTM	99.63%	96.96%
3	2	Epoch 62	SimpleRNN	99.48%	95.41%
4		Epoch 58	LSTM	99.56%	96.70%
5	3	Epoch 59	SimpleRNN	99.50%	95.50%
6		Epoch 81	LSTM	99.81%	97.14%

Pada tabel 4.3 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 1 data tidak seimbang (*Imbalance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-6. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-6 mendapatkan akurasi training 99.81% dan akurasi testing 97.14%. Berikut gambar 4.6 yang menunjukkan gambar sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 1 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 6 Bentuk sinyal EKG skenario 1 pada data tidak seimbang
(a) akurasi (b) loss

Pada gambar 4.6 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data tidak seimbang memberikan grafik yang cukup baik pada akurasi namun pada grafik loss grafik training dan testing masih belum konvergen.

4.3.1.2 Hasil Validasi Data Tidak Seimbang (*Imbalance*) pada Skenario 2

Pengujian pada skenario kedua menggunakan panjang waktu perekaman *window size* selama 2 detik yang berarti 2000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentasi (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.4 hasil pengujian yang dilakukan pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 2 :

Tabel 4. 4 Hasil pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) pada skenario 2

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 62	SimpleRNN	99.01%	86.80%
2		Epoch 58	LSTM	99.26%	92.01%
3	2	Epoch 60	SimpleRNN	98.89%	89.93%
4		Epoch 54	LSTM	98.82%	91.31%
5	3	Epoch 60	SimpleRNN	98.95%	89.58%
6		Epoch 71	LSTM	99.16%	90.79%

Pada tabel 4.4 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 2 data tidak seimbang (*Imbalance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-2. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-2 mendapatkan akurasi training 99.26% dan akurasi testing 92.01%. Berikut gambar 4.7 merupakan hasil sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 2 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 7 Bentuk sinyal EKG skenario 2 pada data tidak seimbang
(a) akurasi (b) loss

Pada gambar 4.7 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data tidak seimbang memberikan grafik yang masih belum konvergen. Dapat dilihat pada grafik training dan testing pada tiap percobaan masing-masing belum mendekati.

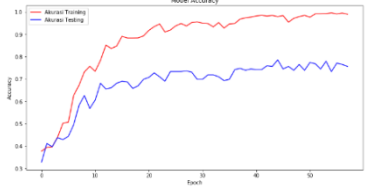
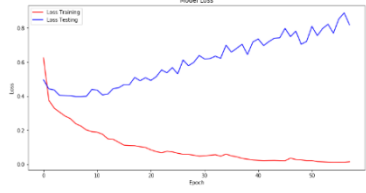
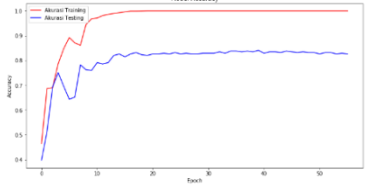
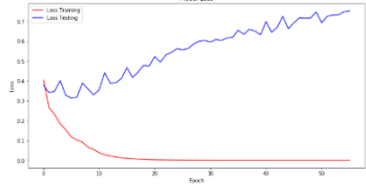
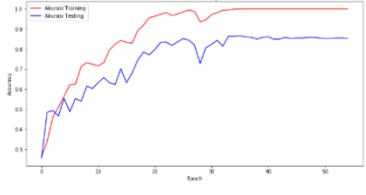
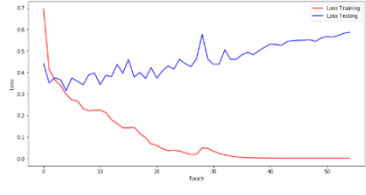
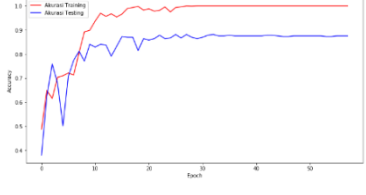
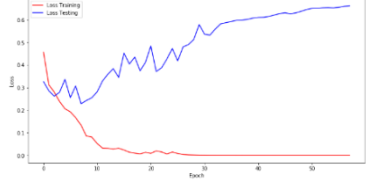
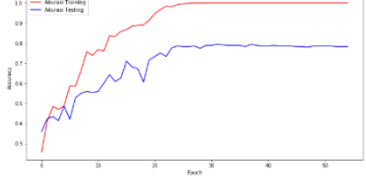
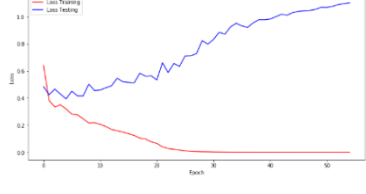
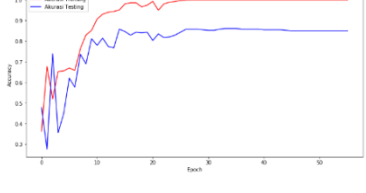
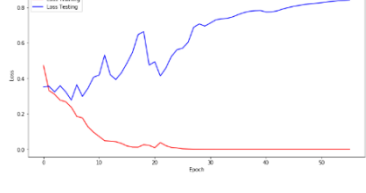
4.3.1.3 Hasil Validasi Data Tidak Seimbang (*Imbalance*) pada Skenario 3

Pengujian pada skenario ketiga menggunakan panjang waktu perekaman *window size* selama 3 detik yang berarti 3000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentase (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.5 hasil pengujian yang dilakukan pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 3 :

Tabel 4. 5 Hasil pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) pada skenario 3

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 58	SimpleRNN	96.66%	78.64%
2		Epoch 56	LSTM	98.25%	89.32%
3	2	Epoch 55	SimpleRNN	98.52%	86.97%
4		Epoch 58	LSTM	98.75%	86.19%
5	3	Epoch 55	SimpleRNN	97.82%	84.63%
6		Epoch 56	LSTM	98.49%	87.23%

Pada tabel 4.5 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 3 data tidak seimbang (*Imbalance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-2. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-2 mendapatkan akurasi training 98.25% dan akurasi testing 89.32%. Berikut gambar 4.8 sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 3 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 8 Bentuk sinyal EKG skenario 3 pada data tidak seimbang
(a) akurasi (b) loss

Pada gambar 4.8 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data tidak seimbang memberikan grafik yang masih belum konvergen. Dapat dilihat pada grafik training dan testing pada tiap percobaan masing-masing belum mendekati.

4.3.1.4 Hasil Validasi Data Tidak Seimbang (*Imbalance*) pada Skenario 4

Pengujian pada skenario 4 menggunakan panjang waktu perekaman *window size* sebesar 4 detik yang berarti 4000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentase (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.6 hasil pengujian yang dilakukan pada data tidak seimbang (*Imbalace*) skenario 4 :

Tabel 4. 6 Hasil pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) pada skenario 4

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max : 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 55	SimpleRNN	97.27%	76.57%
2		Epoch 55	LSTM	98.01%	82.86%
3	2	Epoch 53	SimpleRNN	98.01%	82.16%
4		Epoch 54	LSTM	98.21%	84.96%
5	3	Epoch 60	SimpleRNN	98.28%	85.66%
6		Epoch 57	LSTM	98.32%	84.26%

Pada tabel 4.6 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 4 data tidak seimbang (*Imbalance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu SimpleRNN pada percobaan ke-5. Pada model menggunakan SimpleRNN percobaan ke-5 mendapatkan akurasi training 98.28% dan akurasi testing 85.66%. Berikut gambar 4.9 menunjukkan hasil sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 4 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 9 Bentuk sinyal skenario 4 pada data tidak seimbang
(a) akurasi (b) loss

Pada gambar 4.9 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data tidak seimbang memberikan grafik yang masih belum konvergen. Dapat dilihat pada grafik training dan testing pada tiap percobaan masing-masing belum saling mendekati.

Pada pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) ini telah didapatkan hasil terbaik dari perbandingan masing-masing skenario, ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Perbandingan nilai terbaik pada pengujian data *Imbalance* dari skenario pertama, skenario kedua, skenario ketiga, dan skenario keempat.

Skenario Ke-	Model Terbaik	Window Size	Hidden Layer	Early Stopping	Acc train	Acc test
1	LSTM	1000	3	Epoch 81	99.81%	97.14%
2	LSTM	2000	1	Epoch 58	99.26%	92.01%
3	LSTM	3000	1	Epoch 56	98.25%	89.32%
4	SimpleRNN	4000	3	Epoch 60	98.28%	85.66%

Pada tabel 4.7 dapat disimpulkan pengujian terbaik dari data tidak seimbang ialah skenario ke-1 dengan percobaan menggunakan model LSTM, percobaan tersebut menggunakan *window size* 1 detik, menggunakan rasio training dan testing yaitu 90:10 dan pemberhentian awal model yaitu 81 epoch. Berikut tabel *confusion matrix testing* dan *training* pada tiap kelas dari masing-masing skenario di atas.

Tabel 4. 8 Hasil *confusion matrix testing* pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 1 percobaan ke-6

m = 1.155		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	938	4	9
	<i>Hypertrophy (1)</i>	5	84	3
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	11	1	100

Pada tabel 4.8 ialah nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data tidak seimbang skenario ke-1 percobaan ke-6, nilai tersebut diperuntukkan menentukan nilai *true positive*, *true negative*, *false positive*, dan *false negative* agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 9 Nilai *confusion matrix testing* dari data *imbalance* untuk masing-masing kelas pada skenario pertama percobaan ke-6

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	938	184	13	16
1	84	1038	8	5
2	100	1022	12	12

Pada tabel 4.9 merupakan nilai TP, TN, FP, dan FN dari kelas imbalance yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario 1 percobaan ke-6.

Tabel 4. 10 Hasil *confusion matrix testing* pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 2 percobaan ke-2

m = 576		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	470	4	10
	<i>Hypertrophy (1)</i>	17	26	0
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	12	3	34

Pada tabel 4.10 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data tidak seimbang skenario kedua percobaan ke-2, nilai tersebut diperuntukkan menentukan nilai TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 11 Hasil *confusion matrix testing* dari data *imbalance* untuk masing-masing kelas pada skenario kedua percobaan ke-2

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	470	60	14	29
1	26	504	17	7
2	34	496	15	10

Pada tabel 4.11 merupakan TP, TN, FP, dan FN dari kelas imbalance yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario kedua percobaan ke-2.

Tabel 4. 12 Hasil *confusion matrix testing* pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 3 percobaan ke-2

m = 384		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	312	6	8
	<i>Hypertrophy (1)</i>	7	14	0
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	19	1	17

Pada tabel 4.12 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data tidak seimbang skenario ketiga percobaan ke-2, nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 13 Nilai *confusion matrix testing* dari data *imbalance* untuk masing-masing kelas pada skenario ketiga percobaan ke-2

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	312	31	14	26
1	14	329	7	7
2	17	326	20	8

Pada tabel 4.13 merupakan nilai TP, TN, FP, dan FN dari kelas imbalance yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario ketiga percobaan ke-2.

Tabel 4. 14 Hasil *confusion matrix testing* pada data tidak seimbang (*Imbalance*) skenario 4 percobaan ke-5

m = 286		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	9	0	18
	<i>Hypertrophy (1)</i>	3	9	11
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	4	5	227

Pada tabel 4.14 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data tidak seimbang skenario keempat percobaan ke-5, nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 15 Nilai *confusion matrix testing* dari data *imbalance* untuk masing-masing kelas pada skenario keempat percobaan ke-5

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	9	236	18	7
1	9	236	14	5
2	227	18	9	29

Pada tabel 4.15 merupakan nilai TP, TN, FP, dan FN dari kelas imbalance yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario keempat percobaan ke-5.

Berdasarkan hasil confusion matrix yang didapatkan, hasil evaluasi tertinggi pada skenario pertama, skenario kedua, skenario ketiga, dan skenario keempat dapat dilihat nilai performancenya pada tabel 4.16, tabel 4.17, tabel 4.18 dan tabel 4.19.

Tabel 4. 16 Hasil performance dari data tidak seimbang (*Imbalance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario pertama percobaan ke-6

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	97.92%	89.28%	98.84%	89.28%	89.28%
1	98.87%	94.38%	99.24%	91.30%	92.81%
0	97.48%	98.32%	93.53%	98.63%	98.47%
Rata-Rata	98.09%	93.99%	97.21%	93.07%	93.52%

Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 1 percobaan ke-6 pada tabel 4.16 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 98.09%, sensitifitas sebesar 93.99%, spesifisitas sebesar 97.21%, presisi sebesar 93.07% dan F1-score sebesar 93.52%.

Tabel 4. 17 Hasil performance dari data tidak seimbang (*Imbalance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 2 percobaan ke-2

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	95.65%	77.27%	97.18%	69.38%	73.11%
1	95.83%	78.78%	96.86%	60.46%	68.42%
0	92.53%	94.18%	81.81%	97.10%	95.62%
Rata-Rata	94.67%	83.41%	91.95%	75.65%	79.05%

Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 2 percobaan ke-2 pada tabel 4.17 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 94.67%, sensitifitas sebesar 83.41%, spesifisitas sebesar 91.95%, presisi sebesar 75.65% dan F1-score sebesar 79.05%.

Tabel 4. 18 Hasil performance dari data tidak seimbang (*Imbalance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 3

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	92.70%	68%	94.42%	45.94%	54.83%
1	96.35%	66.66%	98.07%	66.66%	66.66%
0	89.58%	92.30%	69.56%	95.70%	93.97%
Rata-Rata	92.88%	75.65%	87.35%	69.43%	71.82%

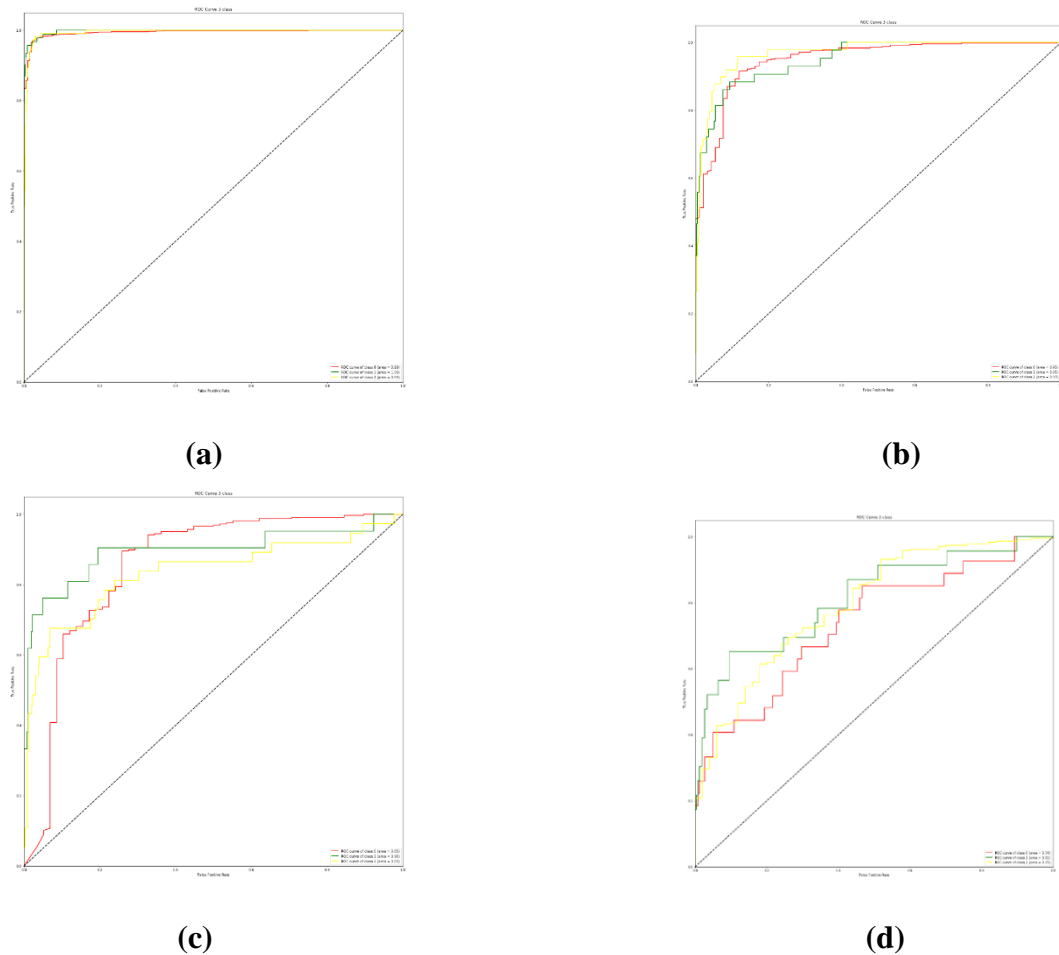
Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 3 percobaan ke-2 pada tabel 4.18 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 92.88%, sensitifitas sebesar 75.65%, spesifisitas sebesar 87.35%, presisi sebesar 69.43% dan F1-score sebesar 71.82%.

Tabel 4. 19 Hasil performance dari data tidak seimbang (*Imbalance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 4

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	91.25%	56.25%	93.33%	33.33%	41.86%
1	93.35%	64.28%	94.85%	39.13%	48.64%
0	86.71%	88.67%	70%	96.18%	92.27%
Rata-Rata	90.44%	69.73%	86.06%	56.21%	60.92%

Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 4 percobaan ke-5 pada tabel 4.19 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 90.44%, sensitifitas sebesar 69.73%, spesifisitas sebesar 86.06%, presisi sebesar 56.21% dan F1-score sebesar 60.92%.

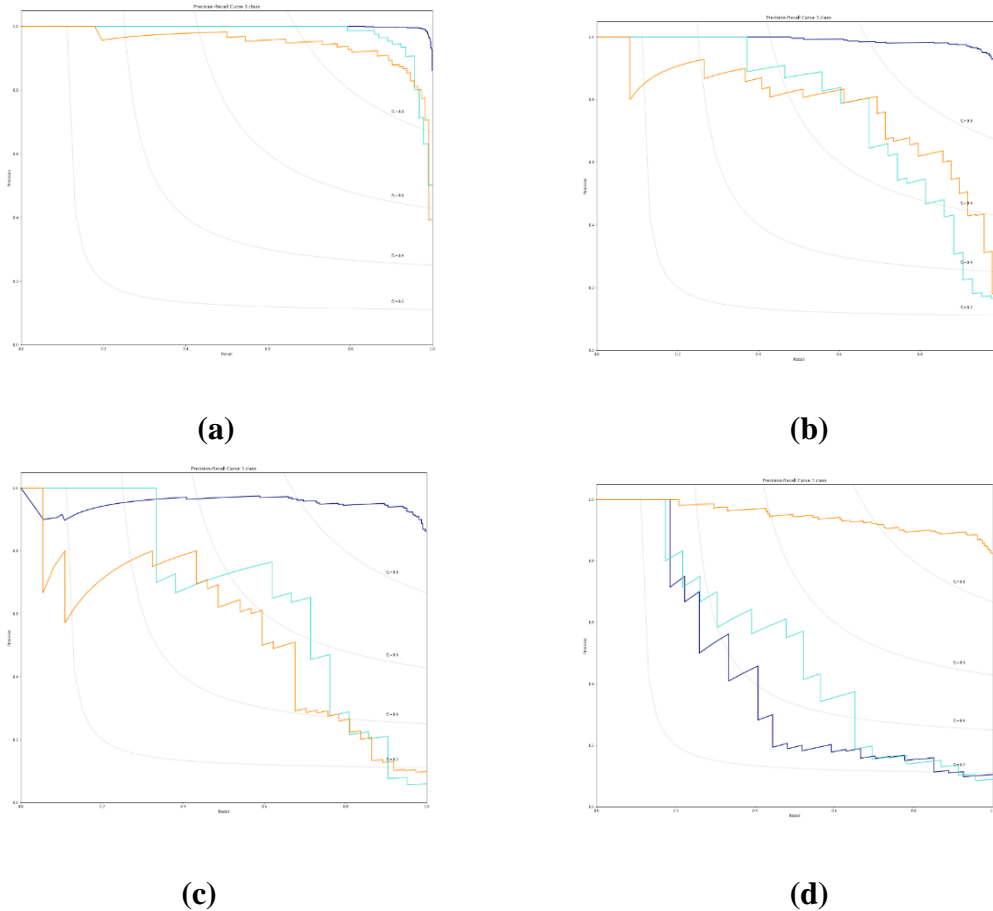
Pada tabel 4.16, tabel 4.17, tabel 4.18, dan tabel 4.19 dapat dilihat masing-masing nilai *performance* pada data tidak seimbang (*Imbalance*) menggunakan model RNN mendapatkan nilai yang sudah cukup baik walaupun ada beberapa nilai kelas yang menghasilkan nilai validasi dibawah 50%. Berikut hasil kurva roc dan presisi recall dari masing-masing skenario terbaik.



Gambar 4. 10 Hasil pengujian kurva ROC terbaik dari (a) skenario 1 (b) skenario 2 (c) skenario 3 (d) skenario 4

Kurva roc pada masing-masing skenario memperlihatkan hasil yang cukup baik walaupun masih belum cukup mendekati pojok kiri atas. Hasil kurva terbaik

dari keempat skenario ialah pada skenario 1 yang mendekati pojok kiri atas. Maka kurva tersebut telah mendapatkan model classifier yang cocok..



Gambar 4. 11 Hasil pengujian presisi-recall terbaik dari (a) skenario 1 (b) skenario 2 (c) skenario 3 (d) skenario 4

Pada kurva presisi-recall pun memperlihatkan hasil yang tidak begitu baik pada masing-masing skenario namun untuk skenario 1 sudah mendapatkan kurva dengan model pengelompokkan terbaik dikarenakan kurva telah mendekati pojok kanan atas. Untuk skenario 2, skenario 3, dan skenario 4 kurva masih belum mendekati pojok kanan atas.

4.3.2 Hasil Pengujian Klasifikasi Menggunakan *Recurrent Neural Network* (RNN) pada Data Seimbang (*Balance*)

Pengujian ini menggunakan data yang telah di-*resampling* karena itu data yang digunakan ialah data yang telah seimbang (*Balance*). Berikut hasil pengujian

klasifikasi penyakit jantung dengan rasio perbandingan 90:10 dalam persentase (%), hidden layer yang digunakan sebanyak 3 kali tuning, *batch size* 512 iterasi dan percobaan ini melakukan Early Stopping training pada model yang telah tepat dengan 1000 epoch.

4.3.2.1 Hasil Validasi Data Seimbang (*Balance*) pada Skenario 1

Pengujian pada skenario pertama menggunakan *window size* sebesar 1 detik yang berarti 1000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90%:10% serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.20 hasil pengujian yang dilakukan pada data seimbang (*Balance*) skenario 1 :

Tabel 4. 20 Hasil pengujian data seimbang (*Balance*) pada skenario 1

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 158	SimpleRNN	96.06%	92.19%
2		Epoch 499	LSTM	99.98%	99.96%
3	2	Epoch 85	SimpleRNN	96.89%	94.70%
4		Epoch 73	LSTM	99.55%	98.86%
5	3	Epoch 323	SimpleRNN	99.39%	98.30%
6		Epoch 81	LSTM	98.48%	97.24%

Pada tabel 4.20 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 1 data seimbang (*Balance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-2. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-2 mendapatkan akurasi training 99.98% dan akurasi testing 99.96%. Berikut gambar sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 1 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 12 Grafik (a) akurasi dan (b) loss pada tiap percobaan untuk data seimbang skenario 1

Pada gambar 4.12 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data seimbang memberikan grafik yang baik pada akurasi dan loss. Untuk grafik terbaik ialah pada percobaan ke-2 dengan model LSTM yang berarti model classifier yang digunakan telah konvergen.

4.3.2.2 Hasil Validasi Data Seimbang (*Balance*) pada Skenario 2

Pengujian pada skenario kedua menggunakan *window size* sebesar 2 detik yang berarti 2000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentase (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.21 hasil pengujian yang dilakukan pada data seimbang (*Balance*) skenario 2 :

Tabel 4. 21 Hasil pengujian data seimbang (*Balance*) pada skenario 2

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 115	SimpleRNN	90,74%	82.84%
2		Epoch 65	LSTM	99.33%	97.73%
3	2	Epoch 135	SimpleRNN	95.58%	92.48%
4		Epoch 75	LSTM	98.65%	95.96%
5	3	Epoch 147	SimpleRNN	97.43%	94.61%
6		Epoch 62	LSTM	97.85%	96.59%

Pada tabel 4.21 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 2 data seimbang (*Balance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-2. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-2 mendapatkan akurasi training 99.33% dan akurasi testing 97.73%. Berikut gambar sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 2 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 13 Grafik (a) akurasi dan (b) loss pada tiap percobaan untuk data seimbang skenario 2

Pada gambar 4.13 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data seimbang memberikan grafik yang baik pada akurasi dan loss. Untuk grafik terbaik ialah pada percobaan ke-2 dengan model LSTM yang berarti model classifier yang digunakan telah konvergen.

4.3.2.3 Hasil Validasi Data Seimbang (*Balance*) pada Skenario 3

Pengujian pada skenario ketiga menggunakan *window size* sebesar 3 detik yang berarti 3000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentase (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.22 hasil pengujian yang dilakukan pada data seimbang (*Balance*) skenario 3 :

Tabel 4. 22 Hasil pengujian data seimbang (*Balance*) pada skenario 3

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 102	SimpleRNN	90,77%	77.68%
2		Epoch 76	LSTM	99.42%	96.91%
3	2	Epoch 147	SimpleRNN	98.02%	92.66%
4		Epoch 67	LSTM	95.28%	92.13%
5	3	Epoch 155	SimpleRNN	96.60%	90.75%
6		Epoch 57	LSTM	97.92%	95.64%

Pada tabel 4.22 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 3 data seimbang (*Balance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-2. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-2 mendapatkan akurasi training 99.42% dan akurasi testing 96.91%. Berikut gambar sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 3 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 14 Grafik (a) akurasi dan (b) loss pada tiap percobaan untuk data seimbang skenario 3

Pada gambar 4.14 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data seimbang memberikan grafik yang baik pada akurasi dan loss. Untuk grafik terbaik ialah pada percobaan ke-2 dengan model LSTM yang berarti model classifier yang digunakan telah konvergen.

4.3.2.4 Hasil Validasi Data Seimbang (*Balance*) pada Skenario 4

Pengujian pada skenario 4 menggunakan panjang waktu perekaman *window size* sebesar 4 detik yang berarti 4000 *node*. Percobaan yang dilakukan sebanyak 6 percobaan dan menggunakan rasio 90:10 dalam persentase (%) serta *batch size* sebesar 512 iterasi. Berikut Tabel 4.23 hasil pengujian yang dilakukan pada data seimbang (*Balance*) skenario 4 :

Tabel 4. 23 Hasil pengujian data seimbang (*Balance*) pada skenario 4

Percobaan Ke-	Hidden Layer	Early Stopping (Max: 1000)	Model Klasifikasi RNN	Acc Train	Acc test
1	1	Epoch 88	SimpleRNN	85.75%	71.22%
2		Epoch 83	LSTM	99.09%	96.15%
3	2	Epoch 136	SimpleRNN	95.86%	87.46%
4		Epoch 76	LSTM	97.89%	94.30%
5	3	Epoch 211	SimpleRNN	95.26%	89.74%
6		Epoch 63	LSTM	95.72%	93.16%

Pada tabel 4.23 dilihat nilai hasil terbaik pada skenario 4 data seimbang (*Balance*) pada tiap percobaan memiliki hasil akurasi terbaik adalah menggunakan Model klasifikasi RNN yaitu LSTM pada percobaan ke-2. Pada model menggunakan LSTM percobaan ke-2 mendapatkan akurasi training 99.09% dan akurasi testing 96.15%. Berikut gambar sinyal EKG akurasi dan loss pada skenario 4 menggunakan model klasifikasi SimpleRNN dan LSTM.

Percobaan ke-	Akurasi	Loss
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(a)

(b)

Gambar 4. 15 Grafik (a) akurasi dan (b) loss pada tiap percobaan untuk data seimbang skenario 4

Pada gambar 4.15 grafik untuk akurasi dan loss pada tiap percobaan untuk data seimbang memberikan grafik yang baik pada akurasi dan loss. Untuk grafik terbaik ialah pada percobaan ke-2 dengan model LSTM yang berarti model classifier yang digunakan telah konvergen.

Pada pengujian data seimbang (*Balance*) ini telah didapatkan hasil terbaik dari perbandingan masing-masing skenario, dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Perbandingan nilai terbaik pada pengujian data *Balance* dari skenario pertama, skenario kedua, skenario ketiga, dan skenario keempat.

Skenario Ke-	Model Terbaik	Window Size	Hidden Layer	Early Stopping	Acc train	Acc test
1	LSTM	1000	1	Epoch 499	99.98%	99.96%
2	LSTM	2000	1	Epoch 65	99.33%	97.73%
3	LSTM	3000	1	Epoch 76	99.42%	96.91%
4	LSTM	4000	1	Epoch 83	99.09%	96.15%

Pada tabel 4.24 ditunjukkan bahwa pengujian terbaik dari data seimbang ialah skenario ke-1 dengan percobaan menggunakan model LSTM. Percobaan tersebut menggunakan *window size* 1 detik, menggunakan rasio training dan testing yaitu 90:10, *batch size* 512 iterasi, 1 hidden layer dan mendapatkan model terbaik yaitu pada 499 epoch. Berikut tabel *confusion matrix testing* dan *training* pada tiap kelas dari masing-masing skenario di atas.

Tabel 4. 25 Hasil *confusion matrix testing* pada data seimbang (*Balance*) skenario 1 percobaan ke-2

m = 2831		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	917	0	1
	<i>Hypertrophy (1)</i>	0	966	0
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	0	0	947

Pada tabel 4.25 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data seimbang skenario pertama percobaan ke-2, nilai tersebut digunakan untuk menentukan TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 26 Nilai *confusion matrix testing* dari data seimbang (*Balance*) untuk masing-masing kelas pada skenario 1 percobaan ke-2

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	917	1913	1	0
1	966	1864	0	0
2	947	1883	0	1

Pada tabel 4.26 merupakan nilai TP, TN, FP, dan FN dari kelas *Balance* yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario 1 percobaan ke-2.

Tabel 4. 27 Hasil *confusion matrix testing* pada data seimbang (*Balance*) skenario kedua percobaan ke-2

m = 1411		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	441	13	16
	<i>Hypertrophy (1)</i>	0	490	0
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	1	2	448

Pada tabel 4.27 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data seimbang skenario kedua percobaan ke-2, nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 28 Nilai *confusion matrix testing* dari data seimbang (*Balance*) untuk masing-masing kelas pada skenario kedua percobaan ke-2

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	441	938	29	1
1	490	889	0	15
2	448	931	3	16

Pada tabel 4.28 merupakan nilai TP, TN, FP, dan FN dari kelas *Balance* yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario kedua percobaan ke-2.

Tabel 4. 29 Hasil *confusion matrix testing* pada data seimbang (*Balance*) skenario ketiga percobaan ke-2

m = 932		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	289	9	19
	<i>Hypertrophy (1)</i>	0	312	0
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	1	0	311

Pada tabel 4.29 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data seimbang skenario ketiga percobaan ke-2, nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 30 Nilai *confusion matrix testing* dari data seimbang (*Balance*) untuk masing-masing kelas pada skenario ketiga percobaan ke-2

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	289	623	28	1
1	312	600	0	9
2	311	601	1	19

Pada tabel 4.30 merupakan TP, TN, FP, dan FN dari kelas *Balance* yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario ketiga percobaan ke-2.

Tabel 4. 31 Hasil *confusion matrix testing* pada data seimbang (*Balance*) skenario keempat percobaan ke-2

m = 702		Nilai Aktual		
		0	1	2
Nilai Prediksi	<i>Healthy control (0)</i>	221	11	11
	<i>Hypertrophy (1)</i>	0	233	0
	<i>Dysrhythmia (2)</i>	3	2	221

Pada tabel 4.31 merupakan nilai *confusion matrix testing* pada masing-masing kelas untuk data seimbang skenario keempat percobaan ke-2, nilai tersebut digunakan untuk menentukan TP, TN, FP, dan FN agar dapat menghitung nilai validasi.

Tabel 4. 32 Nilai *confusion matrix testing* dari data seimbang (*Balance*) untuk masing-masing kelas pada skenario keempat percobaan ke-2

Kelas	TP	TN	FP	FN
0	221	454	22	3
1	233	442	0	13
2	221	454	5	11

Pada tabel 4.30 merupakan nilai TP, TN, FP, dan FN dari kelas *Balance* yang ditentukan dari *confusion matrix* untuk menentukan nilai validasi pada skenario keempat percobaan ke-2.

Berdasarkan hasil *confusion matrix* yang didapatkan, hasil evaluasi tertinggi pada skenario 1, skenario 2, skenario 3, dan skenario 4 dapat dilihat nilai performancenya pada tabel 4.33, 4.34, 4.35, dan 4.36.

Tabel 4. 33 Hasil performance dari data seimbang (*Balance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 1

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	99.96%	99.89%	100%	100%	99.94%
1	100%	100%	100%	100%	100%
0	99.96%	100%	99.94%	99.89%	99.94%
Rata-Rata	99.97%	99.96%	99.98%	99.96%	99.96%

Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 1 percobaan ke-2 pada tabel 4.33 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 99.97%, sensitifitas sebesar 99.96%, spesifisitas sebesar 99.98%, presisi sebesar 99.96% dan F1-score sebesar 99.96%.

Tabel 4. 34 Hasil performance dari data seimbang (*Balance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 2

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	98.65%	96.55%	99.68%	99.33%	97.92%
1	98.93%	97.02%	100%	100%	98.49%
0	97.87%	99.77%	97%	93.82%	96.71%
Rata-Rata	98.48%	97.78%	98.89%	97.72%	97.70%

Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 2 percobaan ke-2 pada tabel 4.34 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 98.48%, sensitifitas sebesar 97.78%, spesifisitas sebesar 98.89%, presisi sebesar 97.72% dan F1-score sebesar 97.70%.

Tabel 4. 35 Hasil performance dari data seimbang (*Balance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 3

Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	97.87%	94.24%	99.83%	99.67%	96.88%
1	99.04%	97.19%	100%	100%	98.57%
0	96.91%	99.65%	95.69%	91.16%	95.22%
Rata-Rata	97.94%	97.03%	98.51%	96.94%	96.89%

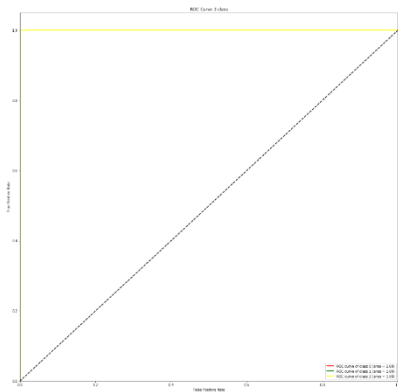
Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 3 percobaan ke-2 pada tabel 4.35 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 97.94%, sensitifitas sebesar 97.03%, spesifisitas sebesar 98.51%, presisi sebesar 96.94% dan F1-score sebesar 96.89%.

Tabel 4. 36 Hasil performance dari data seimbang (*Balance*) model *Recurrent Neural Network* (RNN) terbaik skenario 4

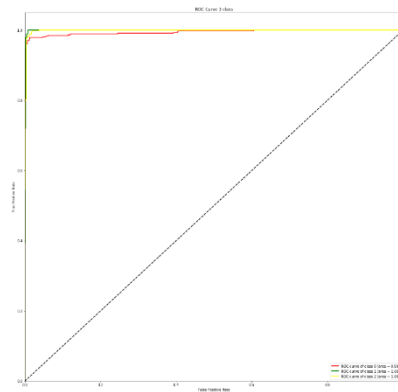
Kelas	Acc	Sensitifitas	Spesifisitas	Presisi	F1-Score
2	97.72%	95.25%	98.93%	97.78%	96.50%
1	98.14%	94.71%	100%	100%	97.28%
0	96.43%	98.66%	95.39%	90.94%	94.64%
Rata-Rata	97.43%	96.21%	98.11%	96.24%	96.14%

Nilai performance yang didapatkan dari masing-masing kelas untuk skenario 4 percobaan ke-2 pada tabel 4.36 rata-ratanya adalah akurasi sebesar 97.43%, sensitifitas sebesar 96.21%, spesifisitas sebesar 98.11%, presisi sebesar 96.24% dan F1-score sebesar 96.14%.

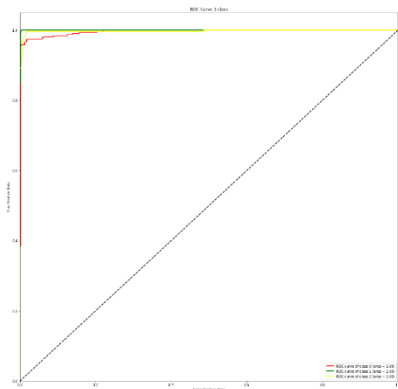
Pada tabel 4.33, tabel 4.34, tabel 4.35, dan tabel 4.36 dapat dilihat masing-masing nilai performance pada data yang telah diresampling atau data seimbang (*Balance*) menggunakan model RNN mendapatkan nilai yang lebih baik dari data tidak seimbang (*Imbalance*). Berikut gambar kurva roc dan presisi-recall pada masing-masing skenario terbaik.



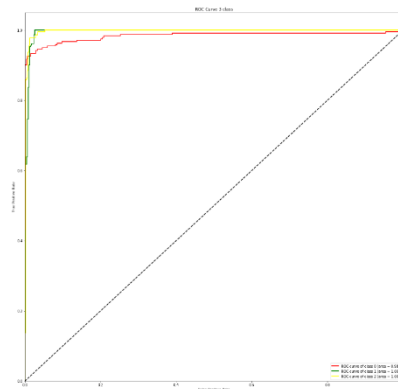
(a)



(b)



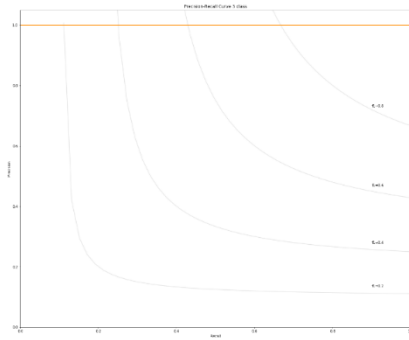
(c)



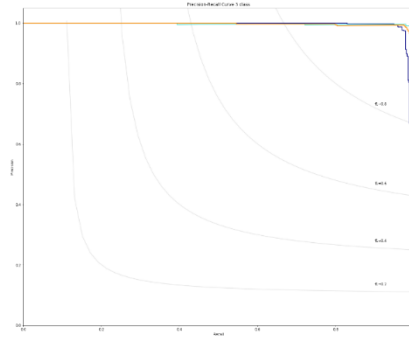
(d)

Gambar 4. 16 Hasil pengujian kurva ROC terbaik dari (a) skenario 1 (b) skenario 2 (c) skenario 3 (d) skenario 4

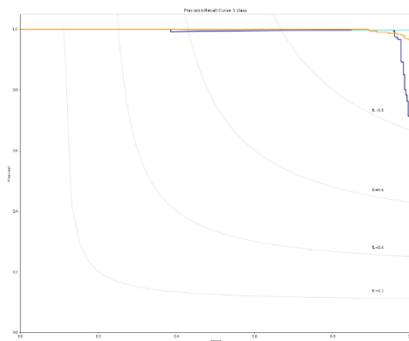
Kurva roc pada masing-masing skenario memperlihatkan hasil yang baik dengan kurva yang mendekati pojok kiri atas. Hasil kurva dari keempat skenario telah mendapatkan model classifier yang cocok.



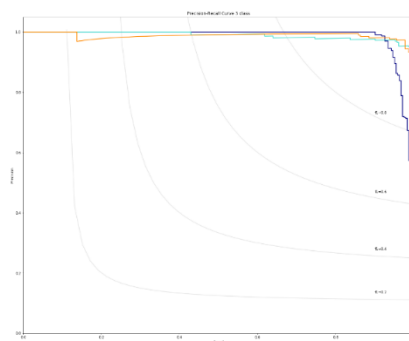
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. 17 Hasil pengujian presisi-recall terbaik dari (a) skenario 1 (b) skenario 2 (c) skenario 3 (d) skenario 4

Pada kurva presisi-recall memperlihatkan hasil yang baik pada masing-masing skenario yang berarti kurva mendapatkan model pengelompokan terbaik dikarenakan kurva telah mendekati pojok kanan atas.

4.4 Analisa

Analisa pada pengujian ini dapat dilihat berdasarkan tabel 4.37 dan 4.38. Pada tabel tersebut merupakan skenario dari masing-masing percobaan pada data tidak seimbang dan data seimbang.

Tabel 4. 37 Hasil pengujian terbaik pada data tidak seimbang (*Imbalance*)

Window Size	Hidden Layer	Model RNN	Epoch	Acc train	Acc test	Sen	Spe	Pre	F1	Acc
1 detik	1	SimpleRNN	63	99.56%	96.10%	93.55%	97.38%	88.06%	90.64%	97.40%
1 detik	1	LSTM	62	99.63%	96.96%	94.02%	97.38%	92.67%	93.29%	97.97%
1 detik	2	SimpleRNN	62	99.48%	95.41%	94.35%	97.66%	84.26%	88.71%	96.94%
1 detik	2	LSTM	58	99.56%	96.70%	92.54%	97.36%	91.98%	92.07%	97.80%
1 detik	3	SimpleRNN	59	99.50%	95.49%	94.80%	97.59%	85.78%	89.74%	96.99%
1 detik	3	LSTM	81	99.81%	97.14%	93.99%	97.21%	93.07%	93.52%	98.09%
2 detik	1	SimpleRNN	62	99.01%	86.80%	79.53%	87.59%	58.10%	64.60%	91.20%
2 detik	1	LSTM	58	99.26%	92.01%	83.41%	91.95%	75.65%	79.05%	94.67%
2 detik	2	SimpleRNN	60	98.89%	89.93%	87.65%	92.27%	65.00%	72.20%	93.28%
2 detik	2	LSTM	54	98.82%	91.31%	81.63%	90.87%	74.77%	77.84%	94.21%
2 detik	3	SimpleRNN	60	98.95%	89.58%	84.52%	91.88%	68.68%	74.69%	93.05%
2 detik	3	LSTM	71	99.16%	90.79%	82.46%	92.88%	73.99%	77.69%	93.86%
3 detik	1	SimpleRNN	58	96.66%	78.64%	48.25%	75.59%	50.44%	49.03%	85.76%
3 detik	1	LSTM	56	98.25%	89.32%	75.65%	87.35%	69.43%	71.82%	92.88%
3 detik	2	SimpleRNN	55	98.52%	86.97%	72.91%	85.65%	57.47%	62.78%	91.31%
3 detik	2	LSTM	58	98.75%	86.19%	69.26%	83.88%	57.28%	61.59%	90.79%
3 detik	3	SimpleRNN	55	97.82%	84.63%	71.85%	82.82%	54.15%	59.00%	89.75%
3 detik	3	LSTM	56	98.49%	87.23%	71.95%	84.82%	61.49%	65.63%	91.49%
4 detik	1	SimpleRNN	55	97.27%	76.57%	48.37%	73.86%	45.98%	46.94%	84.38%
4 detik	1	LSTM	55	98.01%	82.86%	70.29%	82.00%	53.81%	58.70%	88.57%
4 detik	2	SimpleRNN	53	98.01%	82.16%	69.06%	80.39%	50.15%	54.61%	88.11%
4 detik	2	LSTM	54	98.21%	84.96%	73.75%	85.47%	54.07%	59.28%	89.97%
4 detik	3	SimpleRNN	60	98.28%	85.66%	69.73%	86.06%	56.21%	60.92%	90.44%
4 detik	3	LSTM	57	98.32%	84.26%	68.66%	83.64%	57.57%	61.71%	89.51%

Tabel 4. 38 Hasil pengujian terbaik pada data seimbang (*Balance*)

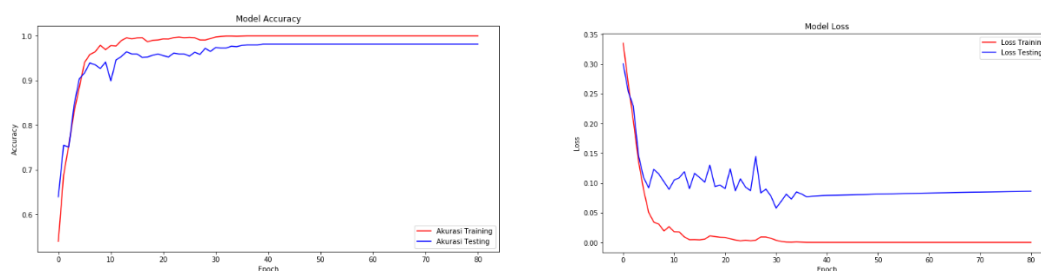
Window Size	Hidden Layer	Model RNN	Epoch	Acc train	Acc test	Sen	Spe	Pre	F1	Acc
1 detik	1	SimpleRNN	158	96.06%	92.19%	92.23%	96.28%	91.93%	91.91%	94.79%
1 detik	1	LSTM	499	99.98%	99.96%	99.96%	99.98%	99.96%	99.96%	99.97%
1 detik	2	SimpleRNN	85	96.89%	94.70%	94.64%	97.40%	94.56%	94.58%	96.46%
1 detik	2	LSTM	73	99.55%	98.86%	98.88%	99.44%	98.83%	98.85%	99.24%
1 detik	3	SimpleRNN	323	99.39%	98.30%	98.30%	99.15%	98.29%	98.29%	98.86%
1 detik	3	LSTM	81	98.48%	97.24%	97.27%	98.65%	97.18%	97.20%	98.16%
2 detik	1	SimpleRNN	115	90.74%	82.84%	83.20%	91.80%	82.86%	82.44%	88.56%
2 detik	1	LSTM	65	99.33%	97.73%	97.78%	98.89%	97.72%	97.70%	98.48%
2 detik	2	SimpleRNN	135	95.58%	92.48%	92.48%	96.29%	92.54%	92.43%	94.99%
2 detik	2	LSTM	75	98.65%	95.96%	96.07%	98.06%	95.91%	95.88%	97.30%
2 detik	3	SimpleRNN	147	97.43%	94.61%	95.02%	97.52%	94.50%	94.44%	96.40%
2 detik	3	LSTM	62	97.85%	96.59%	96.62%	98.32%	96.56%	96.56%	97.73%
3 detik	1	SimpleRNN	102	90.77%	77.68%	80.89%	90.61%	77.82%	75.78%	85.12%
3 detik	1	LSTM	76	99.42%	96.91%	97.03%	98.51%	96.94%	96.89%	97.94%
3 detik	2	SimpleRNN	147	98.02%	92.66%	93.01%	96.56%	92.75%	92.50%	95.11%
3 detik	2	LSTM	67	95.28%	92.13%	92.54%	96.21%	92.19%	92.10%	94.75%
3 detik	3	SimpleRNN	155	96.60%	90.75%	91.37%	95.72%	90.83%	90.50%	93.83%
3 detik	3	LSTM	57	97.92%	95.64%	95.78%	97.90%	95.71%	95.60%	97.09%
4 detik	1	SimpleRNN	88	85.75%	71.22%	71.75%	86.53%	71.96%	70.34%	80.81%
4 detik	1	LSTM	83	99.09%	96.15%	96.21%	98.11%	96.24%	96.14%	97.43%
4 detik	2	SimpleRNN	136	95.86%	87.46%	89.05%	94.48%	87.88%	86.96%	91.64%
4 detik	2	LSTM	79	97.89%	94.30%	94.30%	97.16%	94.44%	94.32%	96.20%
4 detik	3	SimpleRNN	211	95.26%	89.74%	89.78%	94.97%	89.90%	89.69%	93.16%
4 detik	3	LSTM	63	95.75%	93.16%	93.44%	96.71%	93.32%	93.12%	95.44%

Pada tabel 4.37 dan 4.38 dapat disimpulkan hasil terbaik dari pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) dan data seimbang (*Balance*). Kedua tabel tersebut menunjukkan hasil akurasi training dan testing terbaik ialah menggunakan model LSTM dikarenakan model LSTM mengklasifikasikan data lebih spesifik dan dapat mengatasi *vanishing gradient* namun pada pengujian data tidak seimbang (*Imbalance*) pada skenario 4 didapatkan model SimpleRNN merupakan hasil terbaik. Untuk data tidak seimbang (*Imbalance*) model terbaik yang didapatkan dari keseluruhan percobaan ialah pada skenario 1 dengan menggunakan 3 hidden layer, pemberhentian awal epoch ialah 81 epoch, dan model LSTM. Akurasi yang didapatkan untuk akurasi training sebesar 99.81%, akurasi testing sebesar 97.14%,

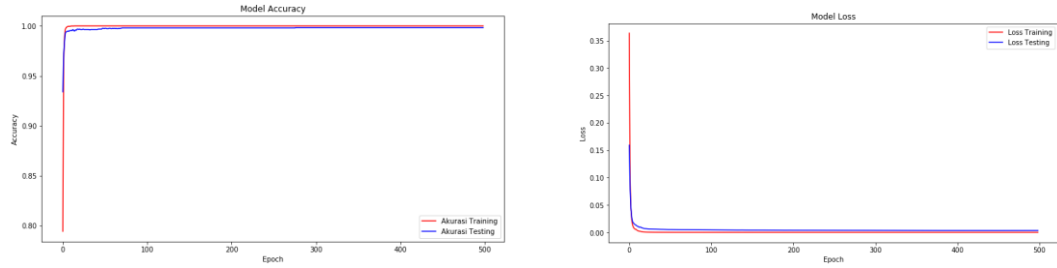
sensitivitas sebesar 93.99%, spesifisitas sebesar 97.21%, presisi sebesar 93.07%, F1-score sebesar 93.52% dan akurasi validasi sebesar 98.09%. Sedangkan untuk data seimbang (*Balance*) model terbaik yang didapatkan dari seluruh percobaan ialah pada skenario 1 dengan menggunakan menggunakan 1 hidden layer, pemberhentian awal epoch ialah 499 epoch, dan model LSTM. Akurasi yang didapatkan untuk akurasi training sebesar 99.98%, akurasi testing 99.96%, sensitivitas sebesar 99.98%, spesifisitas sebesar 99.98%, presisi sebesar 99.96% dan akurasi validasi sebesar 99.97%. Berikut rangkuman hasil terbaik pada tiap percobaan dan skenario pada data tidak seimbang (*Imbalance*) dan data seimbang (*Balance*)

Tabel 4. 39 Hasil Terbaik dari data Tidak Seimbang (*Imbalance*) dan data Seimbang (*Balance*)

Window Size	Model Terbaik	Hidden Layer	Epoch	Acc Train	Acc Test
Hasil Terbaik Data Tidak Seimbang (<i>Imbalance</i>)					
1000	LSTM	3	81	99.81%	97.14%
2000	LSTM	1	58	99.26%	92.01%
3000	LSTM	1	56	98.25%	89.32%
4000	SimpleRNN	3	60	98.28%	85.66%
Hasil Terbaik Data Seimbang (<i>Balance</i>)					
1000	LSTM	1	499	99.98%	99.96%
2000	LSTM	1	65	99.33%	97.73%
3000	LSTM	1	76	99.42%	96.91%
4000	LSTM	1	83	99.09%	96.15%



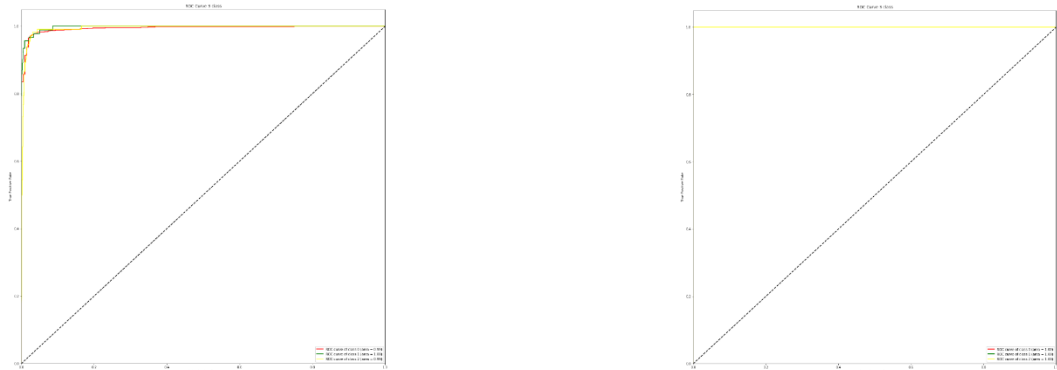
(a)



(b)

Gambar 4. 18 Grafik hasil pengujian terbaik dari (a) data tidak seimbang (*Imbalance*) dan (b) data seimbang (*Balance*)

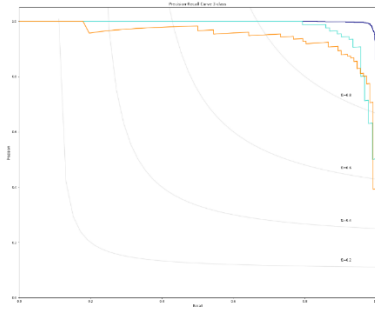
Pada gambar 4.18 dapat dilihat grafik yang didapatkan pada kedua pengujian telah mendapatkan hasil yang baik. Maka dari itu model yang dipilih pada kedua pengujian ini sudah tepat untuk mengklasifikasikan sinyal EKG pada penyakit jantung *Dysrhythmia*, *Hypertrophy*, dan *Healthy control*. Pada gambar 4.19 dan 4.20 didapatkan gambar dari kurva ROC dan Presisi-Recall dari pengujian data *Imbalance* dan data *Balance*.



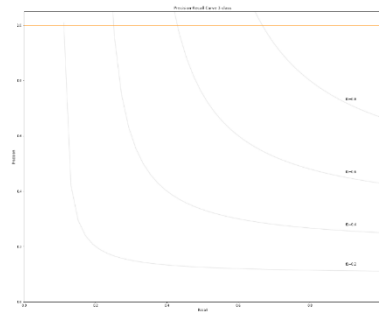
(a)

(b)

Gambar 4. 19 Kurva ROC dari pengujian (a) data *Imbalance* dan (b) data *Balance*



(a)



(b)

Gambar 4. 20 Kurva Presisi-Recall dari pengujian (a) data *Imbalance* dan (b) data *Balance*

Pada gambar 4.19 dapat dilihat bahwa kurva ROC pada data *Imbalance* dan data *Balance* sudah mendapatkan kurva yang baik karna kurva sudah mendekati pojok kiri atas yang berarti model classifier sudah cukup baik. Sedangkan pada gambar 4.20 didapatkan hasil Presisi-Recall pada data tidak seimbang (*Imbalance*) dan data seimbang (*Balance*) didapatkan kurva mendekati pojok kanan atas yang artinya model classifier yang digunakan pada kedua pengujian sudah baik.