

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Penyakit jantung adalah sebuah kondisi dimana jantung mengalami gangguan. Macam-macam bentuk gangguan yang terjadi seperti pada irama jantung, pembuluh darah jantung, katup jantung serta kelainan jantung yang terjadi sejak lahir. Jantung merupakan bagian terpenting dalam tubuh manusia, banyak kasus kematian yang diakibatkan oleh penyakit jantung. Beberapa faktor penyebab penyakit jantung itu sendiri karena tekanan darah tinggi, stress, diabetes, usia yang bertambah, kadar kolestor tinggi, kelainan jantung sejak lahir dan sebagainya [4] [9]. Beberapa jenis penyakit jantung sebagai berikut:

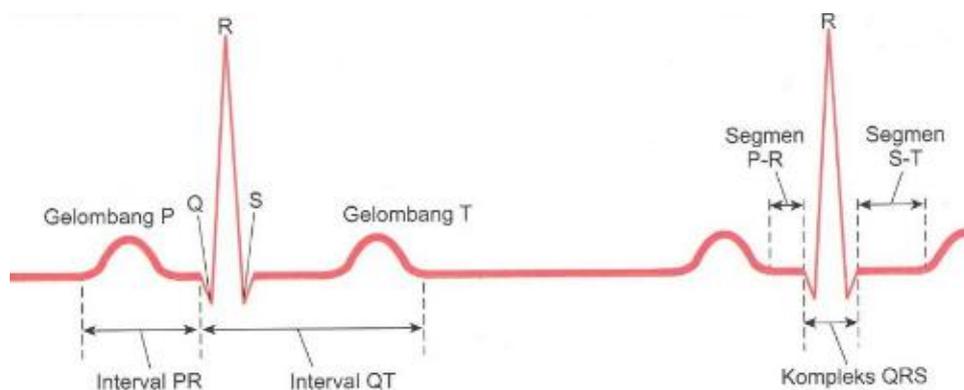
1. *Dysrhythmia*, merupakan gangguan pada sistem listrik dalam jantung yang bekerja untuk mengatur denyut jantung menyebabkan denyut jantung tidak beraturan seperti menjadi lebih lambat atau lebih cepat. Apabila jantung tidak bekerja dengan normal, jantung tidak dapat memompa darah dan mengakibatkan gangguan pada supply darah yang dapat merusak jantung dan organ penting lainnya. Gejala yang terjadi pada penderita *Dysrhythmia* seperti pusing, mual, mudah lelah, nyeri pada dada, denyut jantung tidak beraturan, sesak nafas serta dapat menyebabkan pingsan [10].
2. *Myocardial hypertrophy*, merupakan kondisi dimana sisi kiri pada dinding otot jantung (ventrikel) mengalami penebalan, yang mengalami peningkatan massa ventrikel. Ketika beban pada ventrikel kiri bertambah mengakibatkan otot ventrikel kiri jantung akan bekerja lebih keras. Gejala yang terjadi pada penderita *Myocardial hypertrophy* seperti mengalami pusing, jantung yang berdebar-debar, rasa nyeri pada dada, sesak napas serta cepat lelah [11].

2.2 Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (EKG) merupakan sinyal yang menggambarkan kerja listrik pada jantung yang berguna untuk mendiagnosis penyakit jantung [4]. Proses ini efektif untuk mendeteksi keadaan jantung pada elektroda EKG yang dipasang pada tubuh pasien. Elektroda ditempelkan pada kulit agar dapat mendeteksi impuls listrik yang dikeluarkan jantung dan dicatat oleh Elektrokardiogram (EKG). Fungsi yang mendasar dari elektroda ialah mendeteksi ion-ion yang berjalan pada tubuh mengikuti pergerakan darah pada jantung. Transducer ini mengkonversi informasi biologis menjadi sebuah sinyal elektrik yang dapat diukur [12]. Elektrokardiogram (EKG) berisi 12 bentuk gelombang dan elektroda pada elektrokardiogram memiliki jumlah 10 buah untuk pengukuran.

2.2.1 Gelombang EKG

Aktivitas pada jantung ditampilkan berupa gelombang oleh elektrokardiogram (EKG). Gelombang EKG terdiri dari 4 tipe gelombang, yaitu gelombang P, QRS kompleks, T dan U [12]. Kompleks gelombang tersebut merupakan gabungan dari *beat* EKG. Elektrokardiogram (EKG) juga memiliki 2 jenis garis EKG yang dinamai interval dan segmen. Pada gambar 2.1 merupakan morfologi gelombang EKG.



Gambar 2. 1 Morfologi Gelombang EKG [13]

- Gelombang P, ialah hasil rekaman depolarisasi yang berada di miokardium atrium kanan dan kiri. Gelombang akan mengalami kelainan apabila atrium juga memiliki kelainan. Panjang atau durasi pada gelombang P kurang dari 0.12 detik., tinggi atau amplitudonya kurang dari 0.3 mV atau kurang dari 3 mm dan selalu positif di *lead* II dan negatif di *lead* aVR [13].
- Gelombang kompleks QRS, merupakan rekaman depolarisasi ventrikel kanan dan kiri. Gelombang QRS terdiri dari 3 gelombang yaitu [13]:
 1. Gelombang Q ialah gelombang defleksi yang negatif atau gelombang pertama yang menurun sesudah gelombang P.
 2. Gelombang R ialah gelombang defleksi yang positif atau gelombang pertama yang naik sesudah gelombang Q.
 3. Gelombang S ialah gelombang defleksi yang negatif atau menurun sesudah gelombang R.

Durasi gelombang kompleks QRS ialah durasi depolarisasi otot ventrikel yang memiliki lebar 0.06 sampai 0.12 detik [13].

- Gelombang T, merupakan gelombang dengan potensial repolarisasi di ventrikel kanan dan kiri. Gelombang T memiliki positif di *lead* I, II, V3-V6 dan negatif pada aVR [13].
- Gelombang U, merupakan gelombang yang berukuran kecil dan kadang tidak terlihat hanya muncul sewaktu-waktu saja. Gelombang U sama seperti gelombang T ialah repolarisasi ventrikel dari awal sampai akhir [13].
- Interval PR, merupakan durasi siklus atrium yang berfungsi menghitung waktu dari awal depolarisasi atrium sampai awal depolarisasi ventrikel. Durasi normal pada interval PR yaitu 0.12 sampai 0.20 detik [13].
- Interval QT, merupakan interval yang memiliki durasi depolarisasi dan repolarisasi ventrikel dari awal gelombang Q sampai akhir gelombang T [13].
- Segmen PR, segmen yang menghubungkan gelombang P dan QRS dengan garis isoelektrik. Aktivitas listrik yang digambarkan dari atrium ke ventrikel.
- Segmen ST, merupakan proses atau segmennya yang dimulai pada akhir gelombang S sampai dengan awal gelombang T [13].

2.3 PTB Diagnostic ECG Database

EKG dalam data ini diperoleh dengan menggunakan perekam prototype PTB non-komersial, dengan spesifikasinya sebagai berikut [14]:

1. 16 saluran input, (14 untuk EKG, 1 untuk respirasi, 1 untuk tegangan saluran)
2. Tegangan input: ± 16 mV, tegangan offset kompensasi hingga ± 300 mV
3. Resistansi input: 100Ω (DC)
4. Resolusi: 16 bit dengan $0.5 \mu\text{V} / \text{LSB}$ (2000 unit A/D per Mv)
5. Bandwith: 0-1 kHz (pengambilan sampel sinkron dari semua saluran)
6. Tegangan kebisingan: maks. $10 \mu\text{V}$ (pp), masing-masing $3 \mu\text{V}$ (RMS) dengan inputan dari short circuit
7. Rekaman online dari lapisan resistansi
8. Perekaman pengumpulan sinyal dalam Level kebisingan

Basis data berisi 549 rekaman dari 298 subjek (usia 17 hingga 87, rata-rata 57.2; 209 laki-laki, usia rata-rata 61.6; usia tidak dicatat untuk 1 perempuan dan 14 subjek laki-laki). Setiap subjek diwakili oleh satu hingga lima rekaman. Setiap rekaman mencakup 15 sinyal yang diukur secara simultan: 12 lead konvensional (i, ii, iii, avr, avl, avf, v1, v2, v3, v4, v5, v6) bersama dengan 3 Frank lead EKG (vx, vy, vz). Setiap sinyal diproses menjadi digital pada 1000 sampel per detiknya, dengan resolusi 16 bit pada kisaran $\pm 16,384$ mV. Atas permintaan khusus kepada kontributor database, rekaman mungkin tersedia dengan laju sampling hingga 10 KHz.

Dalam file header (.hea) dari sebagian besar rekaman EKG ini adalah ringkasan klinis yang terperinci, termasuk usia, jenis kelamin, diagnosis, dan jika berlaku data tentang riwayat medis, pengobatan dan intervensi, patologi arteri koroner, ventrikulografi, ekokardiografi, dan hemodinamik. Berikut kelas yang dimiliki pada dataset PTB diagnostic ECG database yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Dataset

Diagnostic class	Number of subjects
Myocardial infarction	148
Cardiomyopathy/Heart failure	18
Bundle branch block	15
Dysrhythmia	16
Myocardial hypertrophy	7
Valvular heart disease	6
Myocarditis	4
Miscellaneous	4
Healthy controls	80

2.4 Resampling Data

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada *Machine Learning* yaitu ketidakseimbangan data antar kelas, data yang digunakan saat membuat model klasifikasi tidak seimbang dapat menyebabkan nilai akurasi yang rendah [15]. Pada ketidakseimbangan data memiliki beberapa metode untuk menghasilkan data agar menjadi seimbang. Pertama metode tingkat data yaitu menyeimbangkan distribusi dari data yang tidak seimbang dengan metode *undersampling* dan *over-sampling*, kedua yaitu pendekatan dengan tingkat algoritma dengan memodifikasi metode yang ada untuk menghitung nilai dari kelas minor, dan yang ketiga yaitu mengkombinasikan pendekatan algoritma dan level data [16].

Pengambilan sampel merupakan solusi untuk mengatasi ketidakseimbangan data yang tidak seimbang. Metode pengambilan sampel digunakan cenderung untuk menyesuaikan distribusi pada kelas minoritas dan kelas mayoritas dalam ketidakseimbangan pada saat pelatihan data [17]. Pendekatan *Over-sampling* lebih sering digunakan daripada metode *Under-sampling*, dikarenakan metode *Under-sampling* akan menghilangkan data dalam kelas mayoritas sehingga menyebabkan

hilangnya informasi penting dari data. Metode dasar *Over-sampling* salah satunya ialah *Random Oversampling* (ROS), yaitu metode sampling yang dilakukan dengan menyeimbangkan distribusi data melalui penerapan duplikasi data minoritas secara acak [18]. Namun, metode ini memiliki kelemahan yang menyebabkan masalah *overfitting* pada dataset. Meskipun begitu metode *Random Oversampling* (ROS) dapat meningkatkan nilai akurasi cukup baik [19].

2.5 *Machine Learning*

Machine learning merupakan pendekatan dalam kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), yang digunakan untuk menirukan perilaku manusia dengan sistem yang dapat mempelajari hal baru dengan sendirinya tanpa harus terus menerus diprogram oleh manusia [20]. *Machine learning* atau pembelajaran mesin ini bertujuan untuk menyelesaikan sebuah masalah secara otomatis dengan mempelajari data. Dengan data, *Machine learning* mendapatkan wawasan, memperbaiki dan belajar hal-hal baru agar terbentuk sebuah sistem yang baik [21].

Machine learning memiliki 2 aplikasi utama yaitu, prediksi dan klasifikasi. Penerapan dua aplikasi tersebut dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada bidang kedokteran yang mendeteksi penyakit dari gejala-gejala yang telah dikumpulkan. Atau, mendeteksi penyakit jantung dari alat rekaman *elektrokardiogram* (ECG). *Machine learning* sangat bergantung pada data, untuk mengeluarkan output dari proses kerja *Machine learning* dibutuhkan data untuk bahan training dan analisa [22].

2.6 *Artificial Neural Network* (ANN)

Artificial Neural Network (ANN) merupakan sebuah pendekatan untuk mengolah informasi yang cara kerjanya mengikuti sistem kerja otak manusia. Pada otak manusia, tiap neuron saling berhubungan dan informasi akan mengalir pada tiap-tiap neuron [23]. *Artificial Neural Network* (ANN) adalah sistem dengan keadaan yang mengikuti sesuai perintah yang masuk, strukturnya dapat

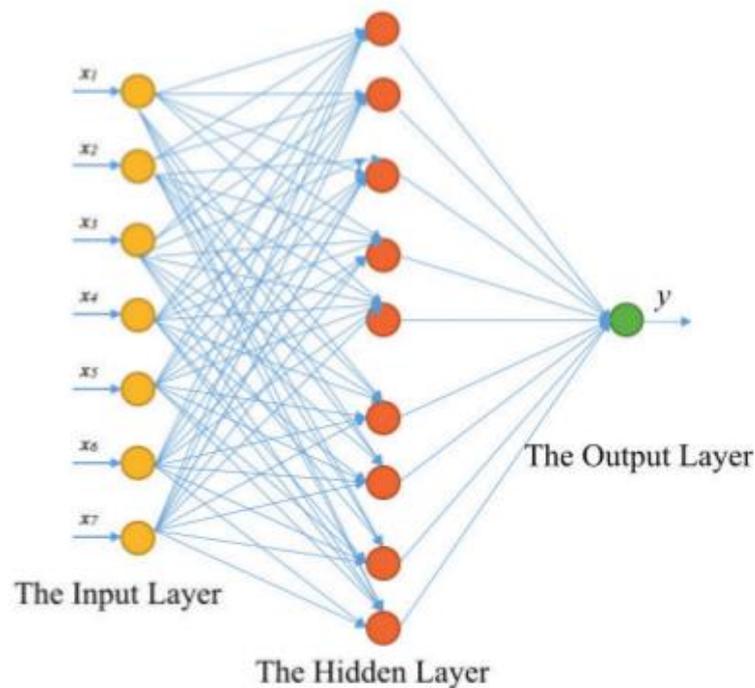
menyesuaikan berdasarkan masuknya informasi dari luar maupun dari dalam yang bergerak melalui jaringan tersebut untuk menyelesaikan masalah [24]. Metode ini ialah salah satu metode yang memiliki cara belajar yang terarah (*Supervised Learning*) dan belajar tidak terarah (*Unsupervised Learning*).

2.6.1 Konsep Dasar *Artificial Neural Network* (ANN)

Pada model *Artificial Neural Network* (ANN) memiliki elemen yang penting untuk melakukan proses komputasi dalam memecahkan masalah. Elemen penting tersebut yaitu Layer masukan, Layer tersembunyi dan Layer keluaran [23]. Pada gambar 2.2. menunjukkan model pada *Artificial Neural Network* (ANN).

1. *Input Layer*, mempunyai peran sebagai tempat informasi dari data-data yang bertindak sesuai dengan output yang diinginkan. *Input layer* memiliki beberapa neuron yang mempresentasikan parameter-parameter yang penting untuk menyelesaikan sebuah permasalahan. *Input layer* akan menyalurkan data-data kepada neuron dan dilanjutkan kepada *hidden layer* maupun *output layer*.
2. *Hidden Layer*, merupakan sebuah layer yang berada diantara layer input dan layer output. *Hidden layer* bertugas menerima data dari *Input layer* dan disalurkan ke *Output layer*.
3. *Output Layer*, merupakan layer yang menerima data dan memberikan hasil dari perhitungan input dan bobot menggunakan fungsi aktivasi. Nilai outputnya melambangkan hasil keluaran dari X menjadi nilai Y.

Berikut arsitektur dari *Artificial Neural Network* (ANN) yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Model Arsitektur Neural Network [23]

2.6.2 Permodelan *Artificial Neural Network* (ANN)

Arsitektur *neural network* ialah kumpulan dari susunan komponen layer-layer dan neuron pada *input layer*, *hidden layer* dan *output layer* yang terhubung dengan *weight*, *activation function* dan *learning function*. Arsitektur *neural network* memiliki 3 macam permodelan, yaitu [25]:

4. *Single layer*, merupakan permodelan *Artificial Neural Network* (ANN) yang paling sederhana. *Single layer* memiliki cara kerja yang dimulai dari node yang menjadi sumber *input layer* dan di proyeksikan pada *output layer* dari neuron. Jenis permodelan ini ialah jaringan *feedforward*. Dimana *single layer* yang berperan menjadi output dari jaringan, sedangkan inputnya tidak ikut berperan dikarenakan saat melakukan proses input proses komputasi tidak terjadi.
5. *Multi layer*, merupakan jaringan yang menampung *hidden layer* yang masuk lebih dari satu. Multi layer dapat menyelesaikan masalah lebih kompleks dibanding *single layer*. Cara kerja pada multi layer adalah input

layer akan mengirim inputannya pada jaringan, setelah itu input akan melakukan komputasi pada layer selanjutnya dan output layer berperan sebagai input dari layer selanjutnya begitu seterusnya.

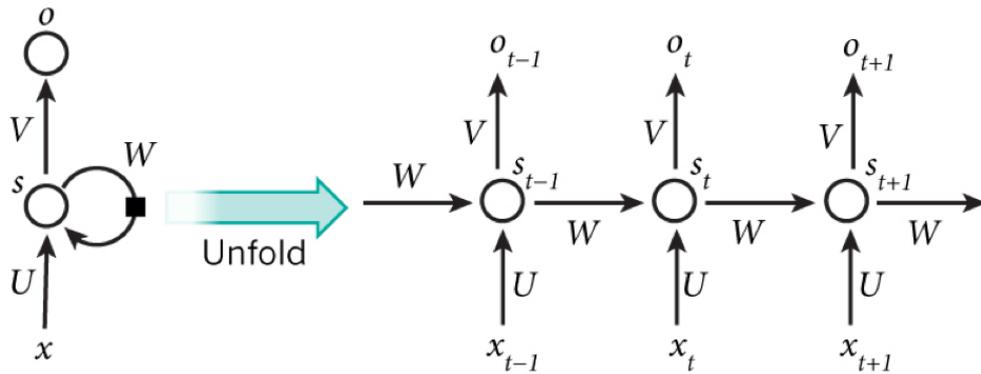
6. *Recurrent network*, merupakan arsitektur *neural network* yang dibuat khusus untuk memproses data yang berurutan (*sequential data*). Pada proses pembelajarannya *recurrent network* tidak begitu saja membuang informasi sebelumnya. *Recurrent network* mampu menyimpan memori agar pola data dapat dikenali dengan baik, sehingga dapat digunakan membuat prediksi yang baik dan akurat. *Recurrent network* akan melooping informasi dari proses sebelumnya agar informasi dari proses sebelumnya tetap tersimpan.

2.7 *Recurrent Neural Network (RNN)*

Jaringan saraf berulang merupakan pengertian dari RNN karena nilai neuron yang digunakan hidden layer sebelumnya akan diproses kembali untuk data input [26]. Proses para *Recurrent Neural Network (RNN)* akan dipanggil berulang-ulang untuk mengerjakan masukan yaitu data sekuensial. *Recurrent Neural Network (RNN)* memiliki berbagai bentuk, salah satunya yang umum digunakan ialah standar *Multi-Layer Perceptron (MLP)* yang ditambah dengan loop tambahan. Maka dari itu proses ini dapat mengeksploitasi kemampuan pemetaan non-linear yang dari MLP [27]. Mengklasifikasikan data time series dan sekuensial merupakan ciri khas dari *Recurrent Neural Network (RNN)*. Data time series sendiri merupakan data yang digabungkan menurut urutan waktu dalam rentang tertentu, sedangkan data sekuensial merupakan suatu sampel data yang diproses secara terurut dan setiap urutan berhubungan satu sama lain [28]. *Recurrent Neural Network (RNN)* memiliki fungsi aktivasi deterministik, fungsi aktivasi *Recurrent Neural Network (RNN)* ialah tan h, dengan perhitungan matematikanya sebagai berikut [29]:

$$h_t = \tan h (\sum_{k=1}^t W_c^{t-k} W_{in} x_k) \dots \dots \dots (2.1)$$

Berikut gambar 2.3 merupakan arsitektur kerja dari metode *Recurrent Neural Network (RNN)*.

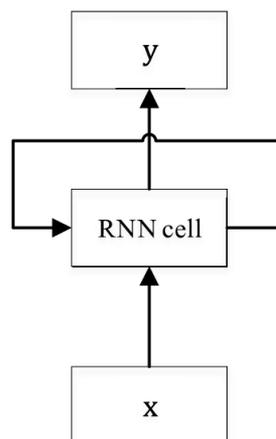


Gambar 2. 3 Arsitektur *Recurrent Neural Network* [30]

Simbol x_t pada gambar 2.3 ialah input pada tiap proses atau *time step*, simbol S_t merupakan hidden state atau memory pada tiap time step t yang berfungsi menyimpan hasil rekaman yang telah dilakukan, dan O_t merupakan output dari proses t .

2.7.1 Vanilla RNN

Vanilla RNN atau *SimpleRNN* merupakan tipe *Recurrent Neural Network* (RNN) yang sederhana, dengan melakukan proses yang sama pada tiap elemen secara berurutan dan setelah itu melakukan proses pada output yang mengacu pada komputasi sebelumnya. Namun pada prakteknya kemampuan *Vanilla RNN* sangatlah terbatas untuk mengakses informasi yang digunakan sebelumnya [32]. Berikut gambar 2.4 ialah struktur dari *Vanilla RNN*.



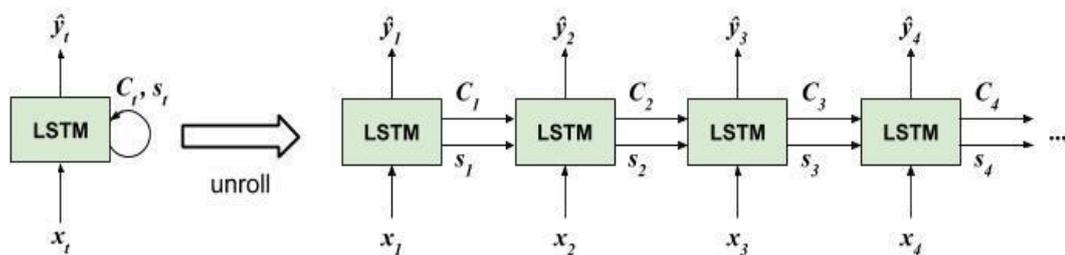
Gambar 2. 4 Struktur *Vanilla RNN*

Struktur dari *Vanilla RNN* memiliki bentuk yang melingkar, dapat dilihat pada gambar 2.4. Hal tersebut merupakan salah satu bentuk dari ANN dimana node terkoneksi dengan directional edge dengan struktur yang melingkar. Karena struktur itulah, mereka membagi parameter yang sama, tidak seperti ANN pada umumnya dengan parameter yang berbeda pada setiap layer [32].

2.7.2 Long Short Term Memory (LSTM)

Model pemrosesan lain dari *Recurrent Neural Network* (RNN) ialah *Long Short Term Memory* (LSTM) yang spesifik [30], yang mana dilakukan modifikasi pada *Recurrent Neural Network* (RNN) dengan memberi *memory cell* untuk dapat menyimpan informasi dalam waktu yang lama [33]. LSTM digunakan untuk solusi mengatasi terjadinya *vanishing gradient* pada RNN saat melakukan proses data sekuensial yang panjang.

Pada LSTM memiliki 3 gate yaitu gate masukan, forget gate dan gate keluaran. Gate masukan memiliki fungsi memberikan keputusan nilai mana yang akan masuk atau diperbarui, *forget gate* memiliki fungsi mengatur pengingat atau yang dilupakan untuk jumlah state dari kondisi sebelumnya mengikuti kebutuhan, sedangkan *output gate* yang mengatur keputusan bagian apa yang digunakan untuk konteks yang akan dihasilkan [30]. Berikut gambar 2.5 ialah arsitektur pada *Long Short Term Memory* (LSTM).



Gambar 2. 5 Arsitektur pada *Long Short Term Memory* (LSTM)

Pada gambar 2.5 LSTM memiliki pemrosesan berbeda dari arsitektur RNN. Pembedanya adalah adanya penambahan sinyal yang diperuntukan dari satu proses waktu ke proses waktu berikutnya disebut dengan konteks dan direpresentasikan dengan symbol C_t .

2.7.3 *Gated Recurrent Unit (GRU)*

Salah satu tipe arsitektur dari RNN yang dapat mengklasifikasikan data berurutan atau time series ialah *Gated Recurrent Unit (GRU)*. *Gated Recurrent Unit (GRU)* memiliki komputasi yang sederhana dari tipe arsitektur *Recurrent Neural Network (RNN)* lainnya, GRU memiliki akurasi yang sama dan cukup efektif untuk mengatasi masalah gradien yang menghilang [31]. *Gated Recurrent Unit (GRU)* memiliki 2 gate untuk komponen pengatur alur informasi *Gated Recurrent Unit (GRU)*, ialah reset gate dan update gate. Reset gate digunakan untuk menentukan bagaimana untuk menyatukan informasi masa lalu dan input yang baru, sedangkan update gate berfungsi menentukan seberapa banyak informasi masa lalu yang didapatkan untuk tetap disimpan [30].