**OPTIMALISASI DEEP LEARNING METHOD DENGAN  
LONG SHORT-TERM MEMORY DALAM  
MEMPROYEKSI CURAH HUJAN**

**SKRIPSI**

*Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat*

*Memperoleh Gelar Sarjana Komputer*

**Program Studi : Teknik Informatika  
Jenjang Pendidikan : Strata 1 (S1)**



**OLEH :**

**EDO SULAIMAN**  
**NIM. 18101152630092**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PUTRA INDONESIA “YPTK” PADANG**

**2022**

# LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : EDO SULAIMAN

No. BP : 18101152630092

Jurusan : Teknik Informatika

Fakultas : Ilmu Komputer

Menyatakan Bahwa :

1. Sesungguhnya skripsi yang saya susun ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam skripsi yang saya peroleh dari hasil karya tulis orang lain, telah saya tuliskan sumbernya dengan jelas, sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah.
2. Jika dalam pembuatan skripsi secara keseluruhan ternyata terbukti dibuatkan oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan oleh akademik, berupa pembatalan skripsi dan mengulang penelitian serta mengajukan judul baru.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Padang, Juli 2022

**EDO SULAIMAN**

**18101152630092**

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**OPTIMALISASI DEEP LEARNING METHOD DENGAN  
LONG SHORT-TERM MEMORY DALAM  
MEMPROYEKSI CURAH HUJAN**

**Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh**

**EDO SULAIMAN**

**18101152630092**

Telah Memenuhi Persyaratan Untuk Dipertahankan di Depan Dewan Penguji  
Pada Ujian Komprehensif

Padang, Juli 2022

|  |  |
| --- | --- |
| **Pembimbing I** | **Pembimbing II** |
| **(Dr. Ir. H. Sumijan, M.Sc)**  **NIP: 196605071994031004** | **(Musli Yanto, S.Kom, M.Kom)**  **NIDN: 1007078901** |

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SIDANG SKRIPSI

**OPTIMALISASI DEEP LEARNING METHOD DENGAN  
LONG SHORT-TERM MEMORY DALAM  
MEMPROYEKSI CURAH HUJAN**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

**EDO SULAIMAN**

**18101152630092**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**Skripsi ini telah dinyatakan LULUS oleh**

**Penguji Materi Pada Sidang Skripsi Program Studi Strata 1 Ilmu Komputer Program Studi Teknik Informatika**

**Universitas Putra Indonesia ”YPTK” Padang**

**Pada Hari/Tgl : ……………/ …/ ……/ ………**

**TIM PENGUJI :**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1.** | **………………………** | **………………………** |
| **2.** | **………………………** | **………………………** |

**Padang, …………………..**

**Mengetahui**

**Dekan Fakultas Ilmu Komputer**

**Universitas Putra Indonesia ”YPTK” Padang**

**(Dr. Yuhandri, S.Kom, M.Kom)**

**NIDN : 1015057301**

# LEMBAR PENGESAHAN LULUS SIDANG SKRIPSI

**OPTIMALISASI DEEP LEARNING METHOD DENGAN  
LONG SHORT-TERM MEMORY DALAM  
MEMPROYEKSI CURAH HUJAN**

**Yang dipersiapkan dan disusun oleh**

**EDO SULAIMAN  
18101152630092**

Yang Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : ……………..……..

Dan dinyatakan telah lulus  
memenuhi syarat

|  |  |
| --- | --- |
| **Pembimbing I** | **Pembimbing II** |
| **(Dr. Ir. H. Sumijan, M.Sc)**  **NIP: 196605071994031004** | **(Musli Yanto, S.Kom, M.Kom)**  **NIDN: 1007078901** |
| **Padang, ………………..**  **Dekan Fakultas Ilmu Komputer**  **Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang** | |
| **(Dr. Yuhandri, S.Kom, M.Kom)**  **NIDN : 1015057301** | |

# *ABSTRACT*

*Nowadays data is support for quick decision-making in various aspects including making predictions regarding accurate rainfall information where the commonly used modeling still has shortcomings such as the use of the number of parameters, mathematical assumptions, and the formulation of equations that tend to be complicated, therefore in the form a system to produce a prediction model that is close to optimal accuracy that is more efficient. deep learning can be applied to predict an event to make decisions such as predicting the rainfall of an area, one of which is the Pariaman Padang. One of the deep learning methods that are suitable for use on sequential data types is Long Short-Term Memory (LSTM). This study applies the deep learning LSTM method with 50 epochs 1 layer, the data used is 9:1, where 90% is training data and 10% is test data, the data range used in the calculation starts from October 16, 2004, to December 14, 2004, where 54 rows of data are used as training data, while the last 4 data lines are used as a comparison of the prediction results of the LSTM method, as well as the measurement of MSE values. The results showed that the MSE value from the evaluation of the model that was trained for 50 epochs got an MSE value of 0.03 for the prediction results of testing data for the next 4 days. The implementation of the LSTM method into the system makes it easier to make comparisons and future predictions compared to doing mathematical calculations manually, this convenience provides benefits so that the process of predicting rainfall in the Padang Pariaman area can be done more easily, quickly, and efficiently.*

***Keywords : Deep Learning, BMKG, Climatology, Rainfall, Long Short-Term Memory.***

# ABSTRAK

Dewasa ini data merupakan penunjang pengambilan keputusan secara cepat dalam berbagai aspek termasuk melakukan prediksi mengenai informasi curah hujan yang akurat di mana pemodelan yang biasa di gunakan masih memiliki kekurangan seperti penggunaan jumlah parameter, asumsi matematis, dan rumusan persamaan yang cenderung rumit, maka dari itu di bentuk suatu sistem untuk menghasilkan sebuah model prediksi yang mendekati keakuratan optimal yang lebih efisien. *deep learning* dapat diterapkan untuk memprediksi suatu peristiwa untuk mengambil keputusan seperti memprediksi curah hujan suatu area salah satunya padang pariaman. Salah satu metode deep learning yang cocok digunakan pada tipe data sekuensial adalah *Long Short-Term Memory (LSTM)*. Penelitian ini menerapkan *deep learning* metode LSTM dengan 50 *epoch* 1 *layer*, data yang di gunakan berbanding 9:1 dimana 90% sebagai data training dan 10% sebagai data uji, rentang data yang digunakan dalam perhitungan di mulai dari tanggal 16 Oktober 2004 sampai 14 Desember 2004 dimana 54 baris data digunakan sebagai data training, sedangkan data 4 baris terakhir digunakan sebagai perbandingan hasil prediksi metode LSTM, serta pengukuran nilai MSE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MSE hasil evaluasi dari model yang di latih selama 50 *epoch* mendapat nilai MSE sebesar 0.03 untuk hasil prediksi data testing 4 hari kedepan. Implementasi metode LSTM ke dalam sistem mempermudah dalam melakukan perbandingan dan prediksi yang akan datang di bandingkan melakukan perhitungan matematis secara manual, kemudahan tersebut memberikan manfaat agar proses prediksi curah hujan daerah padang pariaman dapat di lakukan lebih mudah, cepat, dan efisien.

**Kata Kunci : *Deep Learning*, BMKG, Klimatologi, Curah Hujan, *Long Short-Term Memory*.**

# KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, berkat rahmat Allah SWT yang telah memberikan segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Dan tidak lupa shalawat dan salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah berjasa besar dengan membukakan jalan dalam perkembangan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Adapun judul dari skripsi ini adalah “**OPTIMALISASI DEEP LEARNING METHOD DENGAN LONG SHORT-TERM MEMORY DALAM MEMPROYEKSI CURAH HUJAN**”.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang setulusnya kepada pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, terutama kepada :

1. Ketua Yayasan **Dr. Hj. Zerni Melmusi, MM, Ak, CA,** selaku Ketua Perguruan Tinggi Komputer “YPTK” Padang
2. Bapak **Prof. Dr. H. Sarjon Defit, S.Kom, M.Sc,** selaku Rektor Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang.
3. Bapak **Dr. Yuhandri, S.Kom, M.Kom,** selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang.
4. Bapak **Eka Praja Wiyata Mandala, S.Kom, M.Kom,** selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang.
5. Bapak **Dr. Ir. H. Sumijan, M. Sc,** selaku Dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan pengetahuan dan arahan kepada penulis.
6. Bapak **Musli Yanto, S.Kom, M.Kom,** selaku Dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan pengetahuan dan arahan kepada penulis.
7. Seluruh Keluarga Universias Putra Indonesia “YPTK” yang telah banyak membantu dalam pemberian data-data yang diperlukan.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen yang telah mendidik dan mengajar penulis berbagai disiplin ilmu di fakultas ilmu komputer.
9. Segenap karyawan dan karyawati di lingkungan Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang yang telah memberikan jasanya dalam penanganan administrasi akademik.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini, hasilnya masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran-saran dan kritikan yang bersifat membangun. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Padang, Juli 2022

Penulis

# DAFTAR ISI

[LEMBAR PERNYATAAN ii](#_Toc109892655)

[LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI iii](#_Toc109892656)

[LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SIDANG SKRIPSI iv](#_Toc109892657)

[LEMBAR PENGESAHAN LULUS SIDANG SKRIPSI v](#_Toc109892658)

[*ABSTRACT* vi](#_Toc109892659)

[ABSTRAK vii](#_Toc109892660)

[KATA PENGANTAR viii](#_Toc109892661)

[DAFTAR ISI x](#_Toc109892662)

[DAFTAR GAMBAR xvii](#_Toc109892663)

[DAFTAR TABEL xxi](#_Toc109892664)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc109892665)

[1.1. Latar Belakang 1](#_Toc109892666)

[1.2. Perumusan Masalah 6](#_Toc109892667)

[1.3. Hipotesis 7](#_Toc109892668)

[1.4. Batasan Masalah 7](#_Toc109892669)

[1.5. Tujuan Penelitian 8](#_Toc109892670)

[1.6. Manfaat Penelitian 8](#_Toc109892671)

[1.7. Gambaran Umum Objek Penelitian 8](#_Toc109892672)

[1.7.1. Sejarah BMKG 9](#_Toc109892673)

[1.7.2. Struktur Organisasi 11](#_Toc109892674)

[1.7.3. Visi 12](#_Toc109892675)

[1.7.4. Misi 13](#_Toc109892676)

[BAB II LANDASAN TEORI 14](#_Toc109892677)

[2.1. Rekayasa Perangkat Lunak 14](#_Toc109892678)

[2.1.1. Proses Rekayasa Perangkat Lunak 15](#_Toc109892679)

[2.1.1.1. Komunikasi 15](#_Toc109892680)

[2.1.1.2. Perencanaan 15](#_Toc109892681)

[2.1.1.3. Pemodelan 15](#_Toc109892682)

[2.1.1.4. Konstruksi 16](#_Toc109892683)

[2.1.1.5. Penyerahan 16](#_Toc109892684)

[2.1.2. Software Development Life Cycle (SDLC) 16](#_Toc109892685)

[2.1.2.1. Tahap-Tahap SDLC 16](#_Toc109892686)

[2.1.2.2. Model *Waterfall* 17](#_Toc109892687)

[2.2. *Unified Modelling Language* *(UML)* 19](#_Toc109892688)

[2.2.1. Behavior Diagrams 21](#_Toc109892689)

[2.2.1.1. *Use case* Diagram 21](#_Toc109892690)

[2.2.1.2. *Activity* Diagram 22](#_Toc109892691)

[2.2.1.3. *Statechart* Diagram 23](#_Toc109892692)

[2.2.2. Interaction Diagrams 24](#_Toc109892693)

[2.2.2.1. *Sequence* Diagram 24](#_Toc109892694)

[2.2.2.2. *Collaboration* Diagram 26](#_Toc109892695)

[2.2.3. Structure Diagrams 27](#_Toc109892696)

[2.2.3.1. *Class* Diagram 27](#_Toc109892697)

[2.2.3.2. *Deployment* Diagram 28](#_Toc109892698)

[2.3. *Artificial* Intelligence 29](#_Toc109892699)

[2.4. *Machine* *Learning* 31](#_Toc109892700)

[2.4.1. Tipe-tipe Machine Learning 32](#_Toc109892701)

[2.4.1.1. *Supervised* *Learning* 32](#_Toc109892702)

[2.4.1.2. Un*supervised* *Learning* 33](#_Toc109892703)

[2.4.1.3. Reinforcement *Learning* 34](#_Toc109892704)

[2.5. *Deep Learning* 35](#_Toc109892705)

[2.6. Jaringan Syaraf Tiruan 36](#_Toc109892706)

[2.6.1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan 38](#_Toc109892707)

[2.6.1.1. Single Perceptron 39](#_Toc109892708)

[2.6.1.2. *Multilayer* Perceptron (MLP) 40](#_Toc109892709)

[2.6.1.3. Competitive *Layer* Net 41](#_Toc109892710)

[2.6.2. Teknik Training Jaringan Syaraf Tiruan 42](#_Toc109892711)

[2.6.2.1. *Forward* *Propagation* / *Forward* pass 42](#_Toc109892712)

[2.6.2.2. *Backward* *propagation* / *Backward* Pass 43](#_Toc109892713)

[2.7. *Long Short-Term Memory* 47](#_Toc109892714)

[2.7.1. Proses Training dan Testing Pada LSTM 49](#_Toc109892715)

[2.7.1.1. *Training* Model LSTM 49](#_Toc109892716)

[2.7.1.2. *Testing* Model LSTM 51](#_Toc109892717)

[2.7.2. Fungsi Aktivasi Pada LSTM 51](#_Toc109892718)

[2.7.2.1. *Sigmoid* (σ) 51](#_Toc109892719)

[2.7.2.2. Hyperbolic (*Tanh*) 52](#_Toc109892720)

[2.7.3. Langkah Training Gates Pada LSTM 53](#_Toc109892721)

[2.7.3.1. *Forget* *Gate* 54](#_Toc109892722)

[2.7.3.2. *Input* *Gate* 55](#_Toc109892723)

[2.7.3.3. *Cell state* / *Memory* *State* 56](#_Toc109892724)

[2.7.3.4. *Output* *Gate* 58](#_Toc109892725)

[2.7.4. Loss Function 59](#_Toc109892726)

[2.7.4.1. *Mean* *Squared* *Error* (MSE) 59](#_Toc109892727)

[2.7.5. Batch dan Epochs 60](#_Toc109892728)

[2.7.6. Normalisasi dan Denormalisasi 61](#_Toc109892729)

[2.7.7. Interpolasi Linear 62](#_Toc109892730)

[2.8. Prediksi / *Forecasting* 63](#_Toc109892731)

[2.9. Penelitian Terdahulu 64](#_Toc109892732)

[BAB III METODOLOGI PENELITIAN 69](#_Toc109892733)

[3.1. Kerangka Penelitian 69](#_Toc109892734)

[3.2. Tahapan Penelitian 70](#_Toc109892735)

[3.2.1. Penelitian Pendahuluan 70](#_Toc109892736)

[3.2.2. Pengumpulan Data 70](#_Toc109892737)

[3.2.2.1. Waktu Penelitian 71](#_Toc109892738)

[3.2.2.2. Tempat Penelitian 71](#_Toc109892739)

[3.2.2.3. Metode Penelitian 71](#_Toc109892740)

[3.2.3. Analisa 73](#_Toc109892741)

[3.2.3.1. Analisa Data 73](#_Toc109892742)

[3.2.3.2. Analisa Proses 74](#_Toc109892743)

[3.2.3.3. Analisa Sistem 74](#_Toc109892744)

[3.2.4. Perancangan 74](#_Toc109892745)

[3.2.4.1. Perancangan Model 75](#_Toc109892746)

[3.2.4.2. Perancangan *Interface* 76](#_Toc109892747)

[3.2.5. Implementasi 77](#_Toc109892748)

[3.2.5.1. Perangkat Keras (*Hardware*) 77](#_Toc109892749)

[3.2.5.2. Perangkat Lunak (*Software*) 77](#_Toc109892750)

[3.2.5.3. Manusia (*Brainware*) 77](#_Toc109892751)

[3.2.6. Pengujian 78](#_Toc109892752)

[3.2.6.1. Pengujian Lokal 78](#_Toc109892753)

[3.2.6.2. Pengujian *Online* 78](#_Toc109892754)

[3.2.6.3. Pengujian Aplikasi 78](#_Toc109892755)

[3.2.6.4. Pengujian *Interface* 79](#_Toc109892756)

[3.2.7. Hasil Pembahasan 79](#_Toc109892757)

[BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN 80](#_Toc109892758)

[4.1. Analisa 80](#_Toc109892759)

[4.1.1. Analisa Data 80](#_Toc109892760)

[4.1.1.1. *Preprocessing* Data 82](#_Toc109892761)

[4.1.1.2. Pembagian Data *Training* dan *Testing* 85](#_Toc109892762)

[4.1.2. Analisa Proses 86](#_Toc109892763)

[4.1.2.1. Proses *Training* Model 91](#_Toc109892764)

[4.1.2.2. Proses *Testing* Model 92](#_Toc109892765)

[4.1.2.3. Perhitungan Manual LSTM 92](#_Toc109892766)

[4.1.3. Analisa Sistem 115](#_Toc109892767)

[4.1.3.1. Analisa Desain *Database* 116](#_Toc109892768)

[4.1.3.2. Analisa Hasil *Output* Pengujian 120](#_Toc109892769)

[4.2. Perancangan 121](#_Toc109892770)

[4.2.1. Perancangan Model 121](#_Toc109892771)

[4.2.1.1. *Use case* Diagram 122](#_Toc109892772)

[4.2.1.2. *Class* Diagram 125](#_Toc109892773)

[4.2.1.3. *Activity* Diagram 127](#_Toc109892774)

[4.2.1.4. *Sequence* Diagram 129](#_Toc109892775)

[4.2.1.5. *Collaboration* Diagram 135](#_Toc109892776)

[4.2.1.6. *Statechart* Diagram 141](#_Toc109892777)

[4.2.1.7. *Deployment* Diagram 147](#_Toc109892778)

[4.2.2. Perancangan Interface 148](#_Toc109892779)

[4.2.2.1. Desain Halaman *Login* 148](#_Toc109892780)

[4.2.2.2. Desain Halaman *Home* 149](#_Toc109892781)

[4.2.2.3. Desain Daftar Tabel Data Klimatologi 149](#_Toc109892782)

[4.2.2.4. Desain *Form* Tambah Data Klimatologi 150](#_Toc109892783)

[4.2.2.5. Desain *Form* Edit Data Klimatologi 151](#_Toc109892784)

[4.2.2.6. Desain Tabel Riwayat Proyeksi 152](#_Toc109892785)

[4.2.2.7. Desain *Form* Buat Proyeksi 153](#_Toc109892786)

[4.2.2.8. Desain Hasil Proyeksi Data 154](#_Toc109892787)

[BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN 156](#_Toc109892788)

[5.1. Implementasi Sistem 156](#_Toc109892789)

[5.1.1. Hardware 156](#_Toc109892790)

[5.1.2. Software 156](#_Toc109892791)

[5.1.3. Brainware 157](#_Toc109892792)

[5.1.4. Lingkungan Implementasi 157](#_Toc109892793)

[5.1.4.1. Perangkat Keras (*Hardware*) 157](#_Toc109892794)

[5.1.4.2. Perangkat Lunak (*Software*) 158](#_Toc109892795)

[5.1.5. Proses Instalasi 158](#_Toc109892796)

[5.1.5.1. Tahap Instalasi Bahasa Pemograman *Python* 159](#_Toc109892797)

[5.1.5.2. Tahap Instalasi *Module* Dependensi *Python* 162](#_Toc109892798)

[5.1.5.3. Tahap Instalasi MySQL 164](#_Toc109892799)

[5.2. Pengujian Sistem 179](#_Toc109892800)

[5.2.1. Pengujian Interface 179](#_Toc109892801)

[5.2.1.1. Interface Halaman *Login* 180](#_Toc109892802)

[5.2.1.2. Interface Halaman *Home* 180](#_Toc109892803)

[5.2.1.3. Interface Tabel Data Klimatologi 181](#_Toc109892804)

[5.2.1.4. Interface Tambah Data Klimatologi 182](#_Toc109892805)

[5.2.1.5. Interface Edit Data Klimatologi 183](#_Toc109892806)

[5.2.1.6. Interface Tabel Riwayat Proyeksi 184](#_Toc109892807)

[5.2.1.7. Interface Buat Proyeksi 185](#_Toc109892808)

[5.2.1.8. Interface Hasil Proyeksi Data 186](#_Toc109892809)

[5.2.2. Pengujian Sistem 190](#_Toc109892810)

[5.2.2.1. Pengujian Perbedaan Nilai MSE Setiap *Epoch* 191](#_Toc109892811)

[5.2.2.2. Pengujian Perbedaan Nilai MSE Pada Evaluasi *Testing* 193](#_Toc109892812)

[5.2.2.3. Pengujian Perbedaan Nilai Hasil Prediksi 194](#_Toc109892813)

[5.2.2.4. Konversi Hasil Prediksi Curah Hujan Dalam Nilai Nyata 195](#_Toc109892814)

[BAB VI PENUTUP 197](#_Toc109892815)

[6.1. Kesimpulan 197](#_Toc109892816)

[6.2. Saran 198](#_Toc109892817)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 1.1. Struktur Organisasi BMKG Padang Pariaman 11](#_Toc109718766)

[Gambar 2.1. Bagan UML 20](#_Toc109718767)

[Gambar 2.2. Struktur *Machine* *Learning* 32](#_Toc109718768)

[Gambar 2.3. Cara Kerja *Supervised* *Learning* (SL) 33](#_Toc109718769)

[Gambar 2.4. Cara Kerja Un*supervised* *Learning* (UL) 34](#_Toc109718770)

[Gambar 2.5. Cara Kerja Reinforcement *Learning* (RL) 35](#_Toc109718771)

[Gambar 2.6. Hubungan antar metode yang dalam ML (UL, SL, RL, dan DL) 35](#_Toc109718772)

[Gambar 2.7. Perbedaan Simple *Neural* *Network* dan *Deep Learning* 36](#_Toc109718773)

[Gambar 2.8. Skema Jaringan Saraf Tiruan 37](#_Toc109718774)

[Gambar 2.9. Perceptron *Input* dan *Output* 38](#_Toc109718775)

[Gambar 2.10. Single Perceptron 39](#_Toc109718776)

[Gambar 2.11. *Deep* *Neural* *Network* *Multilayer* Perceptron 40](#_Toc109718777)

[Gambar 2.12. Competitive *Layer* Net 42](#_Toc109718778)

[Gambar 2.13. *Forward* *Propagation* 43](#_Toc109718779)

[Gambar 2.14. *Backward* *Propagation* 44](#_Toc109718780)

[Gambar 2.15. Arsitektur LSTM berisi empat *layer* yang saling berinteraksi. 47](#_Toc109718781)

[Gambar 2.16. Alur Informasi *Cell state* pada LSTM 48](#_Toc109718782)

[Gambar 2.17. *Layer* *sigmoid* mengeluarkan angka antara nol dan satu. 49](#_Toc109718783)

[Gambar 2.18. Illustrasi *Sigmoid* 52](#_Toc109718784)

[Gambar 2.19. Ilustrasi *Tanh* 53](#_Toc109718785)

[Gambar 2.20. Persamaan *Forget* *Gate* pada LSTM 54](#_Toc109718786)

[Gambar 2.21. Persamaan yang melewati *Input* *Gate* pada LSTM 55](#_Toc109718787)

[Gambar 2.22. Persamaan Memperbaharui *Cell state* pada LSTM 57](#_Toc109718788)

[Gambar 2.23. Persamaan melewati *Output* *Gate* pada LSTM 58](#_Toc109718789)

[Gambar 3.1. Kerangka Penelitian 69](#_Toc109718790)

[Gambar 4.1. Skala Pembagian Data *Training* dan Data *Testing* 85](#_Toc109718791)

[Gambar 4.2. Analisa Proses 86](#_Toc109718792)

[Gambar 4.3. Contoh Sketsa Grafik *Output* Hasil Pengujian 121](#_Toc109718793)

[Gambar 4.4. *Use case* Diagram *Admin* 125](#_Toc109718794)

[Gambar 4.5. *Class* Diagram 127](#_Toc109718795)

[Gambar 4.6. *Activity* Diagram *Admin* 128](#_Toc109718796)

[Gambar 4.7. *Sequence* Diagram *Login* 130](#_Toc109718797)

[Gambar 4.8. *Sequence* Diagram *Home* 131](#_Toc109718798)

[Gambar 4.9. *Sequence* Diagram Data Klimatologi 132](#_Toc109718799)

[Gambar 4.10. *Sequence* Diagram Riwayat Proyeksi 133](#_Toc109718800)

[Gambar 4.11. *Sequence* Diagram *Logout* 135](#_Toc109718801)

[Gambar 4.12. *Collaboration* Diagram *Login* 136](#_Toc109718802)

[Gambar 4.13. *Collaboration* Diagram *Home* 137](#_Toc109718803)

[Gambar 4.14. *Collaboration* Diagram Data Klimatologi 138](#_Toc109718804)

[Gambar 4.15. *Collaboration* Diagram Riwayat Proyeksi 139](#_Toc109718805)

[Gambar 4.16. *Collaboration* Diagram *Logout* 141](#_Toc109718806)

[Gambar 4.17. *Statechart* Diagram *Login* 142](#_Toc109718807)

[Gambar 4.18. *Statechart* Diagram *Home* 143](#_Toc109718808)

[Gambar 4.19. *Statechart* Diagram Data Klimatologi 144](#_Toc109718809)

[Gambar 4.20. *Statechart* Diagram Riwayat Proyeksi 145](#_Toc109718810)

[Gambar 4.21. *Statechart* Diagram *Logout* 147](#_Toc109718811)

[Gambar 4.22. *Deployment* Diagram 147](#_Toc109718812)

[Gambar 4.23. Desain Halaman *Login* 148](#_Toc109718813)

[Gambar 4.24. Desain Halaman *Home* 149](#_Toc109718814)

[Gambar 4.25. Desain Daftar Tabel Data Klimatologi 150](#_Toc109718815)

[Gambar 4.26. Desain *Form* Tambah Data Klimatologi 151](#_Toc109718816)

[Gambar 4.27. Desain *Form* Edit Data Klimatologi 152](#_Toc109718817)

[Gambar 4.28. Desain Tabel Riwayat Proyeksi 153](#_Toc109718818)

[Gambar 4.29. Desain *Form* Buat Proyeksi 154](#_Toc109718819)

[Gambar 4.30. Desain Hasil Proyeksi Data 155](#_Toc109718820)

[Gambar 5.1. Antarmuka Awal Instalasi *Python* 159](#_Toc109718821)

[Gambar 5.2. Antarmuka Bar Proses Instalasi *Python* 160](#_Toc109718822)

[Gambar 5.3. Antarmuka Installasi *Python* Berhasil 161](#_Toc109718823)

[Gambar 5.4. Perintah Melihat Versi *Python* yang Terinstall 162](#_Toc109718824)

[Gambar 5.5. Perintah Untuk Menginstall *Module* *Python* yang di Butuhkan 163](#_Toc109718825)

[Gambar 5.6. *Python* Melakukan Installasi *Module* Yang di Butuhkan 164](#_Toc109718826)

[Gambar 5.7. Antarmuka Awal Instalasi MySQL 165](#_Toc109718827)

[Gambar 5.8. Antarmuka Select Products pada Instalasi MySQL 166](#_Toc109718828)

[Gambar 5.9. Antarmuka Installation pada MySQL 167](#_Toc109718829)

[Gambar 5.10. Antarmuka Proses Instalasi MySQL 168](#_Toc109718830)

[Gambar 5.11. Antarmuka Instalasi Produk MySQL Berhasil 169](#_Toc109718831)

[Gambar 5.12. Antarmuka Permintaan Konfiguasi Setelah Instalasi MySQL 170](#_Toc109718832)

[Gambar 5.13. Antarmuka *Type and Networking* Pada Installasi MySQL 171](#_Toc109718833)

[Gambar 5.14. Antarmuka Authentication Method Pada Installasi MySQL 172](#_Toc109718834)

[Gambar 5.15. Antarmuka Accounts and Roles Pada Installasi MySQL 173](#_Toc109718835)

[Gambar 5.16. Antarmuka Windows Service Pada Installasi MySQL 174](#_Toc109718836)

[Gambar 5.17. Antarmuka Apply Configuration Pada Installasi MySQL 175](#_Toc109718837)

[Gambar 5.18. Antarmuka Proses Apply Configuration MySQL 176](#_Toc109718838)

[Gambar 5.19. Antarmuka Instalasi MySQL Selesai 177](#_Toc109718839)

[Gambar 5.20. Perintah Melihat Versi *MySQL* yang Terinstall 178](#_Toc109718840)

[Gambar 5.21. Antarmuka Awal Instalasi MySQL 179](#_Toc109718841)

[Gambar 5.22. Interface Halaman *Login* 180](#_Toc109718842)

[Gambar 5.23. Interface Halaman *Home* 181](#_Toc109718843)

[Gambar 5.24. Interface Daftar Tabel Data Klimatologi 182](#_Toc109718844)

[Gambar 5.25. Interface *Form* Tambah Data Klimatologi 183](#_Toc109718845)

[Gambar 5.26. Interface *Form* Edit Data Klimatologi 184](#_Toc109718846)

[Gambar 5.27. Interface Daftar Tabel Riwayat Proyeksi 185](#_Toc109718847)

[Gambar 5.28. Interface *Form* Buat Proyeksi 186](#_Toc109718848)

[Gambar 5.29. Interface Hyperparameter dan Timeline Proses Proyeksi 187](#_Toc109718849)

[Gambar 5.30. Interface Grafik Hasil Proyeksi Data 188](#_Toc109718850)

[Gambar 5.31. Interface Tabel Keterangan Grafik Hasil Proyeksi Data 188](#_Toc109718851)

[Gambar 5.32. Interface Grafik *Error* Hasil Proyeksi Data 189](#_Toc109718852)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 2.1. Notasi *Use case* Diagram 21](#_Toc109718853)

[Tabel 2.2. Notasi *Activity* Diagram 22](#_Toc109718854)

[Tabel 2.3. Notasi *Statechart* Diagram 23](#_Toc109718855)

[Tabel 2.4. Notasi *State* *Machine* Diagram 25](#_Toc109718856)

[Tabel 2.5. Notasi *Collaboration* Diagram 26](#_Toc109718857)

[Tabel 2.6. Notasi *Class* Diagram 27](#_Toc109718858)

[Tabel 2.7. Notasi *Deployment* Diagram 28](#_Toc109718859)

[Tabel 3.1. Jadwal Penelitian 71](#_Toc109718860)

[Tabel 4.1. Fitur Data Klimatologi BMKG Padang Pariaman 80](#_Toc109718861)

[Tabel 4.2. Data *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* 81](#_Toc109718862)

[Tabel 4.3. Data Klimatologi Sebelum dan Sesudah di Interpolate NaN 83](#_Toc109718863)

[Tabel 4.4. Data Klimatologi Sebelum dan Sesudah di MinMaxScaller 84](#_Toc109718864)

[Tabel 4.5. Penjelasan Blok Diagram Analisa Proses 87](#_Toc109718865)

[Tabel 4.6. Nilai Inisialisasi *Hyperparameter* 93](#_Toc109718866)

[Tabel 4.7. Data Yang di Gunakan Dalam Perhitungan Manual LSTM 94](#_Toc109718867)

[Tabel 4.8. Dimensi *Parameter* Pada Jaringan LSTM 97](#_Toc109718868)

[Tabel 4.9. Dimensi *Output* Pada Jaringan LSTM 98](#_Toc109718869)

[Tabel 4.10. Hasil *Forward* *Epoch* 1 *Batch* 2-52 106](#_Toc109718870)

[Tabel 4.11. Hasil *Backward* *Epoch* 1 *Batch* 2-52 108](#_Toc109718871)

[Tabel 4.12. Nilai *Error* *Epoch* 1 *Batch* 2-52 110](#_Toc109718872)

[Tabel 4.13. Nilai *Error* *Epoch* 2-50 112](#_Toc109718873)

[Tabel 4.14. *Bias* dan *Weight* dari Learned Model 114](#_Toc109718874)

[Tabel 4.15. Hasil *Testing* Model 114](#_Toc109718875)

[Tabel 4.16. Tabel *auth\_user* 116](#_Toc109718876)

[Tabel 4.17. Tabel *django\_session* 117](#_Toc109718877)

[Tabel 4.18. Tabel *proyeksi\_klimatologi* 118](#_Toc109718878)

[Tabel 4.19. Tabel *proyeksi\_riwayat* 119](#_Toc109718879)

[Tabel 4.20. Definisi Aktor 122](#_Toc109718880)

[Tabel 4.21. Definisi *Use case* yang digunakan 123](#_Toc109718881)

[Tabel 4.22. Definisi *Class* Diagram 126](#_Toc109718882)

[Tabel 5.1. Nilai *Hyperparameter* Dalam Pengujian Sistem 191](#_Toc109718883)

[Tabel 5.2. Perbandingan Hasil Nilai *MSE* *Epoch* 1-50 192](#_Toc109718884)

[Tabel 5.3. Perbandingan Hasil Nilai Evaluasi *Testing* 194](#_Toc109718885)

[Tabel 5.4. Perbandingan Hasil Prediksi 194](#_Toc109718886)

[Tabel 5.5. Rentang Nilai Curah Hujan 195](#_Toc109718887)

[Tabel 5.6. Denormalisasi Nilai Hasil Prediksi Perhitungan Sistem 196](#_Toc109718888)

# BAB I PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Dewasa ini data merupakan penunjang pengambilan keputusan secara cepat, atau dikenal dengan istilah *Data Driven Decision Making (DDDM)* di mana kemajuan teknologi berperan besar dalam memanfaatkan data dan informasi tersebut (Aditya, Mulyana, Eka, & Widianto, 2020). Dalam berbagai aspek termasuk melakukan prediksi mengenai informasi curah hujan yang akurat di mana pemodelan tersebut masih memiliki kekurangan seperti penggunaan jumlah *parameter*, asumsi matematis, dan rumusan persamaan yang cenderung rumit, untuk menghasilkan sebuah model prediksi yang mendekati keakuratan optimal harus memiliki banyak *paremeter* dan *variabel* *input* untuk memenuhi sebuah asumsi prediksi (Supriyadi, 2019).

Mengatasi perihal tersebut, dikembangkanlah sebuah *Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)* yang memiliki kemampuan untuk melakukan pembelajaran untuk menganalisis berbagai macam asumsi dan aspek yang berpengaruh untuk menarik kesimpulan (Supriyadi, 2019)*. Artificial Intelligence (AI) atau kecerdasan buatan* didefinisikan secara berbeda dalam konteks yang berbeda pula dalam disiplin ilmu komputer AI adalah mempelajari cara menstimulasikan untuk melakukan tugas yang biasanya membutuhkan pemahaman seperti manusia (Knowledge@Wharton, 2018). AI juga suatu cabang ilmu komputer yang menggunakan lebih banyak simbol daripada angka, dan memproses informasi berdasarkan jumlah aturan dalam merepresentasikan pengetahuan (Swarnkar & Swarnkar, 2019).

*Machine Learning* adalah bagian dari AI di mana mesin digunakan untuk belajar dari pengalaman masa lalu (Aditya, Mulyana, Eka, & Widianto, 2020). Algoritma *Machine Learning* digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti dalam kedokteran, pengenalan *email*, pengenalan suara, dan visi komputer, di mana sulit atau tidak mungkin untuk mengembangkan algoritma konvensional untuk melakukan tugas yang diperlukan (Hu, Niu, Carrasco, Lennox, & Arvin, 2020).

Beberapa implementasi *Machine Learning* menggunakan data dan *Neural Network (Jaringan Saraf)* dengan cara yang meniru kerja otak biologis manusia (Zhou, 2019). *Deep Learning* dapat dipahami sebagai bentuk *Neural Network layer* berganda yang merupakan bagian dari *Machine Learning* yang dapat digunakan dalam tugas termasuk *computer vision, speech recognition, natural language processing, Machine translation, bioinformatics, drug design, medical image analysis, material inspection* dan *board game programs*, di mana mereka telah menghasilkan hasil yang sebanding dan dalam beberapa kasus melebihi kinerja para pakar (Hu, Niu, Carrasco, Lennox, & Arvin, 2020).

Misalnya, sebuah komputasi yang menggunakan *Deep Learning*, mampu memahami konsep seperti garis, bentuk, tekstur, dan juga pengaruhnya dengan melihat data-data citra tanpa bantuan tambahan dari manusia (Schneiderman & Kanade, 2002). *Machine Learning* senantiasa bekerja menggunakan 1 *layer* di mana *Deep Learning* bekerja lebih dari 1 *layer*. untuk batasan *layer* dari *Deep Learning* itu sendiri sebagai *Neural Network* biasanya memiliki 3 *layer* atau lebih, makin bayak *layer* yang digunakan akan memengaruhi lama waktu yang terpakai untuk komputer mengalkulasi (Hinton, et al., 2012).

*Layer* pada *Deep Learning* dapat di gambarkan seperti lapisan *neuron* pada otak manusia *layer* itu nantinya akan menggambarkan jarak atau *vektor* menggunakan Fungsi matematika yaitu fungsi *sigmoid (σ)* (Putra J. G., 2020)*.* Alasan fungsi *sigmoid* digunakan karena dalam fungsi ini membutuhkan perhitungan yang relatif mudah dan cepat. Selain itu, fungsi *sigmoid* dapat diartikan sebagai nilai peluang karena nilainya antara 0 dan 1 (Putra J. G., 2020).

Salah satu pendekatan *Deep Learning* yang mampu secara otomatis mempelajari fitur yang dideskripsikan dalam bentuk *vektor* adalah *Recurrent Neural Networks (RNN)* (Puspaningrum, Bunga, & Iryanto, 2020). Pada *RNN* sendiri teknik *Learning* bekerja dengan menyimpan *layer* dari *output* kembali sebagai *input* pada *hidden* *layer* berikutnya hingga memprediksi hasil akhir (Tarkus, Sompie, & Jacobus, 2020). Kelemahan *RNN* adalah tidak mampu lagi untuk belajar menghubungkan informasi ketika ada kesenjangan yang terus tumbuh, memori yang tersimpan akan semakin tidak relevan seiring waktu berjalan karena tertimpa dengan memori baru (Putra, Osmond, & Ansori, 2020), di sebabkan kelemahan dari *RNN* sendiri tidak dapat mempelajari informasi yang terlalu jauh atau *Long-Term Dependencies*, yang cukup jauh pada masukannya (Wibisono & Khodra, 2018).

Penelitian *Deep Learning* terdahulu yang di lakukan Juanda, Jondri, & Rohmawati, tentang *Prediksi Harga Bitcoin Dengan Menggunakan Recurrent Neural Network* menurutnya, masalah prediksi *timeseries* adalah jenis pemodelan prediktif yang sulit, tidak seperti pemodelan predikftif regresi, *timeseries* juga menambah kompleksitas ketergantungan urutan antar *variabel* *input*. *Recurrent Neural Network* terbukti berhasil digunakan untuk prediksi data *timeseries* karena *RNN* mampu menggunakan informasi yang telah direkam sebelumnya yang panjang urutannya atau *sequence*-nya beragam-ragam. Oleh karena itu, pembangunan sistem ini dibuat dengan metode *Recurrent Neural Network* dengan menggunakan algoritma *Backpropagation Through Time*. Hasil akhir Prediksi harga Bitcoin dapat dilakukan menggunakan *Recurrent* *Neural* *Network*. Akurasi rata-rata terbaik yang didapatkan adalah 98.76% pada data latih dan 97.46% pada data uji, dengan *parameter* jumlah pola *input* terbaik adalah 5, jumlah *epoch* 1000, nilai *Learning rate* 0.001 dan jumlah *hidden* *unit* 50 (Juanda, Jondri, & Rohmawati, 2018).

*Long Short-Term Memory (LSTM)* merupakan sebuah pengembangan metode dari arsitektur *Recurrent Neural Network (RNN)*, Banyak peneliti yang mengembangkan metode *LSTM* di berbagai bidang seperti dalam bidang prediksi deret waktu atau *forecasting* dikarenakan metode *LSTM* mampu mengatasi kekurangan tersebut karena metode ini dapat mengatur memori pada setiap masukannya dengan menggunakan *memory* *cells* dan *gate* *units* pada setiap *neuron*s yang berfungsi sebagai pengatur memori (Putra, Osmond, & Ansori, 2020). Contoh penggunaan *Deep Learning* untuk data *timeseries* yang banyak dihasilkan dari pengamatan cuaca adalah *LSTM*, *LSTM* sendiri diciptakan oleh *Hochreiter* dan *Schmidhuber* pada tahun 1997 (Supriyadi, 2019).

Penelitian *LSTM* terdahulu yang yang di teliti oleh *Poornima* & *Pushpalatha*, mengenai *Prediction of Rainfall Using Intensified LSTM Based Recurrent Neural Network with Weighted Linear Units* dalam penelitian tersebut menyajikan *Long Short-Term Memory (LSTM)* berbasis *Recurrent Neural Network (RNN)* untuk memprediksi *curah hujan*. *Neural Network* dilatih dan diuji menggunakan kumpulan data standar curah hujan. Jaringan yang dilatih akan menghasilkan atribut prediksi curah hujan. *Parameter* yang dipertimbangkan untuk evaluasi kinerja dan efisiensi model prediksi curah hujan yang diusulkan adalah *Mean Square Error (MSE), akurasi, jumlah epoch, loss*, dan *Learning rate*. Menurutnya *LSTM* dapat menyimpan data besar ke dalam memorinya dan dapat menghindari *gradient* yang hilang lebih baik dari pada *RNN* dan menunjukkan akurasi lebih baik di bandingkan *RNN*, *LSTM* pun juga mempertahankan akurasi di masa depan seiring dengan mempertimbangkan nilai *Mean Square Error (MSE), akurasi,* jumlah *epoch, loss,* dan *Learning rate* (Poornima & Pushpalatha, 2019)*.*

Penelitian *LSTM* terdahulu yang juga di lakukan oleh Supriyadi, mengenai metode *Deep Learning LSTM* untuk memprediksi *parameter* cuaca, seperti suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan udara. Metode ini bekerja dengan memanfaatkan fungsi matematika seperti fungsi *tanh* dan *sigmoid* yang berada dalam *layer* *LSTM*. Adapun jumlah *layer* yang digunakan sebanyak 200 buah. Sedangkan jumlah datanya dibagi dua menjadi *training* data dan test data dengan rasio 9:1. Pada bulan Januari 2019. Diperoleh *MSE* *parameter* suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan udara nilainya semakin baik ketika menggunakan *Deep Learning* *LSTM* dengan update dibandingkan *LSTM* tanpa update. Diperoleh hasil prediksi suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan udara 1 hari ke depan memiliki *MSE* yang baik. Dari *parameter* cuaca tersebut hanya *parameter* suhu dan kelembaban udara yang mengalami pertambahan *MSE* seiring bertambahnya waktu. Sedangkan *parameter* kecepatan angin dan tekanan udara mengalami penurunan di hari ketiga dan meningkat secara kontinu hingga 1 bulan ke depan (Supriyadi, 2019).

Berdasarkan rincian penjelasan sebelumnya, sangat dimungkinkan untuk menggunakan *Deep Learning* dengan metode *LSTM* dikarenakan mendukung kegiatan proyeksi curah hujan. Karena data pengamatan meteorologi umumnya berupa *vektor* dan *timeseries*, untuk itu peneliti membuat Penelitian dalam bentuk skripsi dengan judul “**OPTIMALISASI DEEP *LEARNING* METHOD DENGAN *LONG SHORT-TERM MEMORY* DALAM MEMPROYEKSI CURAH HUJAN*”*.**

## Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah maka yang menjadi perumusan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan proses prediksi curah hujan dengan menggunakan pendekatan *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* dapat menghasilkan alternatif dalam pengambilan sebuah keputusan ?
2. Bagaimana penerapkan *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* dapat melakukan prediksi curah hujan.
3. Bagaimana pengujian *Deep Learning* dengan metode *Long Short-Term Memory* di implementasikan ke dalam sebuah sistem yang dibangun untuk memprediksi curah hujan di daerah padang Pariaman ?

## Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan melakukan proses prediksi curah hujan dengan menggunakan pendekatan *Deep Learning* diharapkan dapat menghasilkan alternatif dalam pengambilan sebuah keputusan.
2. Dengan menggunakan konsep pendekatan *Deep Learning* metode *Long Short-Term Memory* diharapkan dapat melakukan prediksi curah hujan.
3. Penerapan *Deep Learning* dengan metode *Long Short-Term Memory* diharapkan dapat di implementasikan ke dalam sebuah sistem yang dibangun untuk memprediksi curah hujan di daerah padang Pariaman.

## Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* dari tahun 1985 sampai tahun 2021.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini *Long Short-Term Memory*.
3. Menggunakan Bahasa Pemograman *Python*.
4. Fungsi Aktivasi yang digunakan adalah fungsi *Sigmoid (σ)* dan *Tanh*.
5. Untuk fitur *variabel* yang digunakan dalam penelitian ini hanya terdiri dari curah hujan (rr).
6. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data *training* dan data *testing* dengan rasio 9:1 di mana 9 untuk *training* dan 1 untuk *testing*.

## Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menerapkan *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* untuk melakukan proses prediksi curah hujan dalam menghasilkan alternatif dalam pengambilan sebuah keputusan.
2. Menerapkan pendekatan *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* untuk melakukan prediksi curah hujan.
3. Melakukan pengujian *Deep Learning* dengan metode *Long Short-Term Memory* di implementasikan ke dalam sebuah sistem yang dibangun untuk memprediksi curah hujan di daerah padang Pariaman.

## Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian di harapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan peneliti dalam memprediksi / memproyeksi data berbentuk *timeseries* yang di selesaikan dengan cara *Deep Learning* dengan menggunakan metode *Long Short-Term Memory*.
2. Membuktikan keakuratan metode *Long Short-Term Memory* dalam melakukan peramalan khususnya curah hujan.
3. Memberikan informasi tambahan mengenai peramalan curah hujan di daerah padang Pariaman yang akan terjadi pada masa mendatang.

## Gambaran Umum Objek Penelitian

*Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* merupakan BMKG Stasiun Klimatologi Padang Pariaman yang terletak di daerah *Jalan Raya Padang – Bukittinggi KM. 51 Kapalo Hilalang Sumatera Barat*. Berikut ini adalah gambaran umum tentang Objek Penelitian :

### Sejarah BMKG

Pengamatan meteorologi dan geofisika di Indonesia dimulai pertama kali pada tahun 1841 diawali dengan pengamatan yang dilakukan secara individual oleh Dr. Pieter Loth Onnen, Kepala Rumah Sakit di Bogor. Dari tahun ke tahun kegiatannya berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan data hasil pengamatan cuaca dan geofisika. Pada tahun 1866, pemerintah Hindia Belanda meresmikan kegiatan pengamatan p*error*angan sebagai lembaga pemerintah dengan nama Observatorium Magnetisch en Meteorologisch atau Observatorium Magnetik dan Meteorologi yang dipimpin oleh Dr. Pieter Adrian Bergsma.

Pada tahun 1879, 74 jaringan alat pengukur hujan dibangun di Jawa. pengamatan medan magnet bumi dipindahkan dari Jakarta ke Bogor Pada tahun 1902. Pada tahun 1908 pemantauan gempa dimulai dengan pemasangan komponen horizontal seismograf Wiechert di Jakarta, sedangkan pemasangan komponen vertikal dilakukan pada tahun 1928. Pada tahun 1912, pengamatan meteorologi ditata ulang dengan menambahkan jaringan sekunder. Sedangkan pada tahun 1930 jasa meteorologi mulai digunakan untuk penerangan.

Pada masa pendudukan Jepang antara tahun 1942 dan 1945, nama badan meteorologi dan geofisika diubah menjadi Kisho Kauso Kusho atau Lembaga Meteorologi. Pada tahun 1945 Setelah proklamasi kemerdekaan Indonesia, badan tersebut dibagi menjadi dua: Di Yogyakarta dibentuk Badan Meteorologi yang berkedudukan di lingkungan Mabes TNI khusus untuk melayani kepentingan Angkatan Udara. Di bawah Kementerian Pekerjaan Umum dan Energi Badan Meteorologi dan Geofisika dibentuk Di Jakarta.

Pada tanggal 21 Juli 1947 Biro Meteorologi dan Geofisika diambil alih oleh Pemerintah Belanda dan namanya diubah menjadi Meteorologisch en Geofisiche Dienst. Badan Meteorologi dan Geofisika yang dikelola oleh Pemerintah Republik Indonesia berada di Jl. Gondangdia, Jakarta. Pada tahun 1949, setelah penyerahan kedaulatan Republik Indonesia dari Belanda, Meteorologisch en Geofisiche Dienst diubah menjadi Biro Meteorologi dan Geofisika di bawah Departemen Perhubungan dan Pekerjaan Umum. Selanjutnya pada tahun 1950 Indonesia resmi masuk sebagai anggota Organisasi Meteorologi Dunia dan Kepala Badan Meteorologi dan Geofisika menjadi Wakil Tetap Indonesia dengan WMO.

Pada tahun 1955 Biro Meteorologi dan Geofisika beubah nama menjadi Lembaga Meteorologi dan Geofisika di bawah Kementerian Perhubungan, dan pada tahun 1960 namanya dikembalikan menjadi Biro Meteorologi dan Geofisika di bawah Kementerian Perhubungan Udara.

Pada tahun 1965, namanya diubah menjadi Direktorat Meteorologi dan Geofisika, posisinya tetap di bawah Kementerian Perhubungan Udara. statusnya dinaikkan menjadi lembaga setingkat eselon I dengan nama Badan Meteorologi dan Geofisika, dengan jabatan tetap di bawah Kementerian Perhubungan. Badan Meteorologi dan Geofisika.

Melalui Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2008, BMG berganti nama menjadi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika dengan status tetap sebagai Lembaga Pemerintah Non Departemen.

### Struktur Organisasi

Berikut adalah bentuk struktur organisasi BMKG Padang Pariaman :

(Sumber : Sta. Klim. Kelas II Padang Pariaman, 2021)

Gambar 1.1. Struktur Organisasi BMKG Padang Pariaman

*Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* dipimpin oleh Kepala Stasiun Klimatologi (Kaslim) bertanggung jawab terhadap seluruh bidang yang ada pada instansi BMKG, Staf yang membantu Kaslim dalam menjalankan aktivitas di kantor adalah sebagai berikut :

1. Tata usaha yang bertanggung jawab terhadap *admin*istrasi kantor.
2. Bagian analisa yang bertanggung jawab terhadap pengolahan data dan analisis data-data yang dikirim ke Balai Wilayah I.
3. Tenaga teknis yang bertanggung jawab terhadap data-Data Klimatologi yang ada di *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman*.
4. Tim pengamat yang bertanggung jawab terhadap pengaturan jadwal pengamatan di *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman*.
5. Tim komunikasi dan peralatan yang bertanggung jawab terhadap pengiriman informasi kondisi peralatan yang ada di *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman*.

### Visi

Mewujudkan BMKG yang handal, tanggap dan mampu dalam rangka mendukung keselamatan masyarakat serta keberhasilan pembangunan nasional, dan berperan aktif di tingkat Internasional.

Terminologi di dalam visi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pelayanan informasi meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika yang handal ialah pelayanan BMKG terhadap penyajian data, informasi pelayanan jasa meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika yang akurat, tepat sasaran, tepat guna, cepat, lengkap, dan dapat dipertanggungjawabkan.
2. Tanggap dan mampu dimaksudkan BMKG dapat menangkap dan merumuskan kebutuhan *stakeholder* akan data, informasi, dan jasa meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika serta mampu memberikan pelayanan sesuai dengan kebutuhan pengguna jasa.

### Misi

Dalam rangka mewujudkan Visi BMKG, maka diperlukan visi yang jelas yaitu berupa langkah-langkah BMKG untuk mewujudkan Misi yang telah ditetapkan yaitu :

1. Mengamati dan memahami fenomena meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika.
2. Menyediakan data, informasi dan jasa meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika yang handal dan terpercaya.
3. Mengkoordinasikan dan memfasilitasi kegiatan di bidang meteorologi, klimatologi , kualitas udara dan geofisika.
4. Berpartisipasi aktif dalam kegiatan internasional di Bidang meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika.

# BAB II LANDASAN TEORI

## Rekayasa Perangkat Lunak

*IEEE Computer Society* mendefinisikan Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) sebagai penerapan suatu pendekatan yang sistematis, disiplin dan terkuantifikasi atas pengembangan, penggunaan dan pemeliharaan perangkat lunak, serta studi atas pendekatan-pendekatan ini, yaitu penerapan pendekatan engineering atas perangkat lunak (Hasanah & Untari, 2020).

RPL sendiri adalah suatu disiplin ilmu yang membahas semua aspek produksi perangkat lunak, mulai dari tahap awal yaitu analisa kebutuhan pengguna, menentukan spesifikasi dari kebutuhan pengguna, desain, penggodaan, pengujian sampai pemeliharaan sistem setelah digunakan (Hasanah & Untari, 2020).

RPL lebih fokus pada praktik pengembangan perangkat lunak dan mengirimkan perangkat lunak yang bermanfaat kepada pelanggan (*customer*). Adapun ilmu komputer lebih fokus pada teori dan konsep dasar perangkat komputer. Rekayasa perangkat lunak lebih fokus pada bagaimana membuat perangkat lunak yang memenuhi kriteria berikut (Hasanah & Untari, 2020) :

1. Dapat terus dipelihara setelah perangkat lunak selesai dibuat seiring berkembangnya teknologi dan lingkungan (*maintainability*)
2. Dapat diandalkan dengan proses bisnis yang dijalankan peubahan yang terjadi (*dependability* *robust*)
3. Efisien dari segi sumber daya dan penggunaan
4. Kemampuan untuk dipakai sesuai dengan kebutuhan (*usability*)

### Proses Rekayasa Perangkat Lunak

Kerangka kerja proses membangun dasar bagi proses rekayasa perangkat lunak yang lengkap dengan cara mengidentifikasi sejumlah kecil aktivitas kerangka kerja yang cocok bagi semua proyek rekayasa perangkat lunak (Setiyani, 2018). Kerangka kerja proses pada rekayasa perangkat lunak terdiri atas lima aktivitas berikut (Setiyani, 2018) :

#### Komunikasi

Komunikasi, bertujuan untuk memahami tujuan-tujuan *stakeholder* atas proyek perangkat lunak yang sedang dikembangkan dan mengumpulkan kebutuhan-kebutuhan yang akan membantu mendefinisikan fitur-fitur perangkat lunak berikut dengan fungsi-fungsinya (Setiyani, 2018) :

#### Perencanaan

Kegiatan perencanaan menciptakan suatu peta yang dapat membantu membimbing tim perangkat lunak. Rencana proyek perangkat lunak menggambarkan risiko - risiko yang mungkin muncul, sumber daya yang akan dibutuhkan, produk – produk kerja yang harus dihasilkan dan *schedule* kerja (Setiyani, 2018) :

#### Pemodelan

Pemodelan, dilakukan bertujuan untuk membuat sketsa sehingga tim perangkat lunak dapat memahami gambaran besar produk yang akan di buat (Setiyani, 2018) :

#### Konstruksi

Konstruksi, sendiri adalah kegiatan yang menggabungkan penggodaan dan pengujian (Setiyani, 2018) :

#### Penyerahan

Penyerahan di sini merupakan Penyerahan perangkat lunak kepada *user*, penyajian perangkat lunak kepada *user* untuk di evaluasi (Setiyani, 2018) :

### *Software* Development Life Cycle (SDLC)

*System Development Life Cycle (SDLC)* adalah metodologi klasik yang digunakan untuk mengembangkan, memelihara dan menggunakan sistem informasi. Siklus hidup sistem itu sendiri merupakan metodologi, tetapi polanya lebih dipengaruhi oleh kebutuhan untuk mengembangkan sistem yang lebih cepat. Pengembangan sistem yang lebih cepat dapat dicapai dengan peningkatan siklus hidup dan penggunaan peralatan pengembangan berbasis komputer (Wahyudi, 2018).

#### Tahap-Tahap SDLC

Secara umum tahap-tahap dalam *System Development Life Cycle (SDLC)*terbagi dalam beberapa tahap (Wahyudi, 2018):

##### Tahap Perencanaan Sistem (system planning)

Tahap *Planning* Merupakan tahap awal dari pengembangan sistem, tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan sistem informasi apa yang akan dikembangkan, sasaran-sasaran yang ingin dicapai, jangka waktu pelaksanaan serta mempertimbangkan dana yang tersedia dan siapa yang melaksanakan (Wahyudi, 2018).

##### Tahap Analisis Sistem (system analysis)

Tahap Analisis Sistem adalah penelitian atas sistem yang telah ada dengan tujuan untuk merancang sistem baru atau memperbaharui sistem yang sudah ada (Wahyudi, 2018).

##### Tahap Perancangan/Desain Sistem (system design)

Tahap Rancangan sistem adalah penentuan proses dan data yang diperlukan oleh sistem baru. Jika sistem ini berbasis komputer, rancangan dapat menyertakan spesifikasi jenis peralatan yang akan digunakan (Wahyudi, 2018).

##### Tahap Penerapan/Implementasi Sistem (system implementation)

Tahap Penerapan merupakan kegiatan memperoleh dan mengintegrasikan sumber daya fisik dan konseptual yang menghasilkan suatu sistem yang bekerja. Pada tahapan ini dilakukan beberapa hal yaitu: *Coding*, *Testing*, Instalasi. Dan *Output* dari tahapan ini adalah : source code, prosedur, pelatihan (Wahyudi, 2018).

##### Tahap Pemeliharaan/Perawatan Sistem

Tahap pemeliharaan/perawatan sistem merupakan tahap yang dilakukan setelah tahap implementasi yang meliputi penggunaan sistem, audit sistem, penjagaan sistem, perbaikan sistem dan peningkatan sistem (Wahyudi, 2018).

#### Model *Waterfall*

Model SDLC air terjun (*waterfall*) sering juga disebut model sequential linier atau alur hidup klasik (*class*ic *life cycle*). Model air terjun menyediakan pendekatan alur hidup perangkat lunak secara sequential atau terurut dimulai dari analisis kebutuhan perangkat lunak, desain, pembuatan kode program, pengujian, dan pemeliharaan (*maintenance*) (Tabrani & Pudjiarti, 2021). Berikut tahap tahapannya sebagai berikut (Tabrani & Pudjiarti, 2021):

##### Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Proses pengumpulan kebutuhan dilakukan secara intensif untuk menspesifikasikan kebutuhan perangkat lunak agar dapat dipahami perangkat lunak seperti apa yang dibutuhkan oleh *user*. Spesifikasi kebutuhan perangkat lunak pada tahap ini perlu untuk didokumentasikan (Tabrani & Pudjiarti, 2021).

##### Desain

Desain perangkat lunak adalah proses multi langkah yang fokus pada desain pembuatan program perangkat lunak termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, representasi antarmuka, dan prosedur penggodaan. Tahap ini mentranslasi kebutuhan perangkat lunak dari tahap analisis kebutuhan ke representasi desain agar dapat diimplementasikan menjadi program pada tahap selanjutnya. Desain perangkat lunak yang dihasilkan pada tahap ini juga perlu didokumentasikan (Tabrani & Pudjiarti, 2021).

##### Pembuatan Kode Program

Desain harus ditransaksikan ke dalam program perangkat lunak. Hasil dari tahap ini adalah program komputer sesuai dengan desain yang telah dibuat pada tahap desain (Tabrani & Pudjiarti, 2021).

##### Pengujian

Pengujian fokus pada perangkat lunak secara dari segi logik dan fungsional dan memastikan bahwa semua bagian sudah diuji. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan kesalahan (*error*) dan memastikan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan (Tabrani & Pudjiarti, 2021).

##### Pendukung atau Pemeliharaan (maintenance)

Tidak menutup kemungkinan sebuah perangkat lunak mengalami perubahan ketika sudah dikirimkan ke *user*. Perubahan bisa terjadi karena adanya kesalahan yang muncul dan tidak terdeteksi saat pengujian atau perangkat lunak harus beradaptasi dengan lingkungan baru. Tahap pendukung atau pemeliharaan dapat mengulangi proses pengembangan mulai dari analisis spesifikasi untuk perubahan perangkat lunak yang sudah ada, tapi tidak untuk membuat perangkat lunak baru (Tabrani & Pudjiarti, 2021).

## *Unified Modelling Language* *(UML)*

Pemodelan dalam suatu rekayasa perangkat lunak merupakan suatu hal yang dilakukan di tahapan awal. Pemodelan dalam perangkat lunak merupakan suatu yang harus dikerjakan di bagian awal dari rekayasa, dan pemodelan ini akan mempengaruhi perkerjaan-pekerjaan dalam rekayasa perangkat lunak tersebut. Salah satu perangkat pemodelan adalah *Unified Modelling Language (UML)*. UML merupakan salah satu standar bahasa yang banyak digunakan di dunia industri untuk mendefinisikan *requirement*, membuat analisis & desain, serta menggambarkan arsitektur dalam pemrograman berrorientasi objek. UML muncul karena adanya kebutuhan pemodelan visual untuk menspesifikasikan, menggambarkan, membangun, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak (Hasanah & Untari, 2020).



(Sumber : Hasanah & Untari, 2020)*.*

Gambar 2.1. Bagan UML

Berdasarkan Gambar 2.1berikut penjelasan singkat dari pembagian kategori tersebut (Hasanah & Untari, 2020) :

1. *Behavior* diagram, merupakan kumpulan diagram yang digunakan untuk menggambarkan kelakuan sistem atau rangkaian peubahan yang terjadi pada suatu sistem.
2. *Interaction* diagram, merupakan kumpulan diagram yang digunakan untuk menggambarkan interaksi sistem dengan sistem lain maupun interaksi antar sub sistem pada suatu sistem.
3. *Structure* diagram, merupakan kumpulan diagram yang digunakan untuk menggambarkan struktur statis dari sistem yang dimodelkan.

### *Behavior* Diagrams

*Behavior* diagram adalah salah satu jenis diagram yang ada di dalam *Unified Modeling Language* (UML), di mana diagram ini digunakan untuk memberikan gambaran tingkah laku sebuah sistem informasi dan bagaimana sistem informasi tersebut melakukan tindakan terhadap kejadian atau peubahan (Sulistyo, Yudhana, & Sunardi, 2018).

#### *Use case* Diagram

*Use case* diagram adalah teknik untuk merekam persyaratan fungsional sebuah sistem, menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah sistem. *Use case* diagram menekankan kepada “apa” yang diperbuat oleh sistem, dan bukan “bagaimana”. Sebuah *use case* merepresentasikan sebuah interaksi antara aktor dengan sistem. Seorang atau sebuah aktor adalah sebuah entitas dapat berupa manusia atau mesin yang berinteraksi dengan sistem untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu. (Hasanah & Untari, 2020).

Tabel 2.1. Notasi *Use case* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Use case* | Fungsionalitas yang disediakan sistem sebagai *unit*-*unit* yang saling bertukar pesan antar *unit* atau aktor. |
| 2 | *Actor*  *Description: Description: actor* | Orang, proses atau sistem lain yang berinteraksi dengan sistem informasi yang akan dibuat di luar sistem itu. |
| 3 | *Association* | *use case* yang memiliki interaksi dengan aktor. |
| 4 | *Extend* | Relasi *use case* tambahan ke sebuah *use case* di mana *use case* yang ditambahkan dapat berdiri sendiri. |
| 5 | *Generalization* | Relasi *use case* tambahan ke sebuah *use case* di mana *use case* yang ditambahkan memerlukan ini untuk menjalankan fungsinya. |

(Sumber : Hasanah & Untari, 2020)

#### *Activity* Diagram

*Activity* diagram menggambarkan berbagai alir aktivitas dalam sistem yang sedang dirancang, bagaimana masing-masing alir berawal, *decision* yang mungkin terjadi, dan bagaimana mereka berakhir. *Activity* diagram digunakan untuk menggambarkan langkah-langkah atau aktivitas pada suatu sistem (Hasanah & Untari, 2020).

Tabel 2.2. Notasi *Activity* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Initial State* | Sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status awal |
| 2 | *Activity* | Aktivitas yang dilakukan sistem, aktivitas biasanya diawali dengan kata kerja |
| 3 | *Decision* | Asosiasi percabangan di mana jika ada pilihan aktivitas lebih dari satu |
| 4 | *Join* | Asosiasi penggabungan di mana lebih dari satu aktivitas digabungkan menjadi satu |
| 5 | *Final State* | Status akhir yang dilakukan sistem, sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status akhir. |
| 6 | *Swimlane*    or | Memisahkan organisasi bisnis yang bertanggung jawab terhadap aktivitas yang terjadi. |

(Sumber : Hasanah & Untari, 2020)

#### *Statechart* Diagram

*Statechart* diagram menelusuri individu-individu objek melalui keseluruhan daur hidupnya, menypesifikasikan semua urutan yang mungkin dari pesan-pesan yang akan diterima objek tersebut, bersama-sama dengan tanggapan atas pesan-pesan tersebut (Ilham & Fajri, 2020).

Tabel 2.3. Notasi *Statechart* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Initial State* | Kelas pada struktur sistem |
| 2 | *Final State* | Sama dengan konsep *interface* dalam beberapa pemrograman berrorientasi objek. |
| 3 | *Event* | Relasi antar kelas dengan makna umum.  Asosiasi biasanya juga disertai dengan *multiplicity* |
| 4 | *State* | Relasi antar kelas dengan makna kelas yang satu digunakan oleh kelas yang lain. |

(Sumber : Ilham & Fajri, 2020).

### *Interaction* Diagrams

*Interaction* diagram merupakan diagram yang digunakan untuk menggambarkan bagaimana sebuah objek berinteraksi baik aktor dan objek sistem (Ependi, Panjaitan, & Yulianingsih, 2018).

#### *Sequence* Diagram

*Sequence* diagram menggambarkan interaksi antar objek di dalam dan di sekitar sistem (termasuk pengguna, display, dan sebagainya) berupa message yang digambarkan terhadap waktu. *Sequence* diagram terdiri atas dimensi vertikal (waktu) dan dimensi horizontal (objek-objek yang terkait). *Sequence* diagram biasa digunakan untuk menggambarkan skenario atau rangkaian langkah-langkah yang dilakukan sebagai respons dari sebuah event untuk menghasilkan *output* tertentu. Diawali dari apa yang memicu aktivitas tersebut, proses dan peubahan apa saja yang terjadi secara internal dan *output* apa yang dihasilkan (Rinaldi, 2019).

Tabel 2.4. Notasi *State* *Machine* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Actor*  *Description: Description: actor*  Or  Nama aktor | Orang, proses, atau sistem lain yang berinteraksi dengan sistem informasi yang akan dibuat di luar sistem informasi biasanya dinyatakan menggunakan kata benda di awal frasa nama actor |
| 2 | *Lifeline* | Menyatakan kehidupan suatu objek |
| 3 | *Object*  objek : kelas | Menyatakan objek yang berinteraksi pesan |
| 4 | *Active Time* | Menyatakan objek dalam keadaan aktif berinteraksi, semua yang terhubung dengan waktu aktif ini adalah sebuah tahapan yang dilakukan di dalamnya, |
| 5 | *Message type C****reate***  <<*create*>> | Menyatakan suatu objek membuat objek yang lain, arah panah mengarah pada objek yang dibuat |
| 6 | *Message type* ***Call***  1:nama\_metode() | Menyatakan suatu objek memanggil operasi/metode yang ada pada objek lain atau dirinya sendiri |
| 7 | *Message type* ***Send***  1: masukan | Menyatakan bahwa suatu objek mengirimkan data/masukan/informasi ke objek lainnya, arah panah mengarah pada objek yang dikirim |
| 8 | *Message type* ***Return***  1: keluaran  ---------------------- | Menyatakan bahwa suatu objek yang telah menjalankan suatu operasi atau metode menghasilkan suatu kembalian ke objek tertentu, arah panah mengarah pada objek yang menerima kembalian |
| 9 | *Message type* ***Destroy***  <<*destroy*>> | Menyatakan suatu objek mengakhiri hidup objek yang lain, arah panah mengarah pada objek yang diakhiri, jika ada create maka ada destroy. |

(Sumber : Rinaldi, 2019)

#### *Collaboration* Diagram

*Collaboration* diagram adalah cara alternatif untuk mengetahui tahap-tahap terjadinya suatu aktivitas. Perbedaan antara *Collaboration* dan *sequence* diagram adalah *Collaboration* diagram memperlihatkan bagaimana hubungan antara beberapa objek berdasarkan urutan dari pesan, sedangkan *sequence* diagram memperlihatkan bagaimana urutan kejadian berdasarkan waktu (Ilham & Fajri, 2020).

Tabel 2.5. Notasi *Collaboration* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Object*  objek : kelas | Objek yang melakukan interaksi pesan. |
| 2 | *Link* | Relasi antara objek yang menghubungkan objek satu dengan lainya atau dengan diri sendiri. |
| 4 | *State* | Relasi antar kelas dengan makna kelas yang satu digunakan oleh kelas yang lain. |

(Sumber : Ilham & Fajri, 2020)

### *Structure* Diagrams

*Structure* diagram merupakan diagram yang digunakan untuk menggambarkan struktur dari perangkat lunak atau sistem yang dikembangkan (Ependi, Panjaitan, & Yulianingsih, 2018).

#### *Class* Diagram

*Class* diagram adalah sebuah spesifikasi yang jika di instansiasi akan menghasilkan sebuah objek dan merupakan inti dari pengembangan dan desain berrorientasi objek. *Class* diagram menggambarkan keadaan (atribut/properti) suatu sistem, sekaligus menawarkan layanan untuk memanipulasi keadaan tersebut (metode/fungsi). *Class* diagram menggambarkan struktur dan deskripsi *class*, package dan objek beserta hubungan satu sama lain seperti containment, pewarisan, asosiasi, dan lain-lain (Rinaldi, 2019).

Tabel 2.6. Notasi *Class* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Class*  **nama\_kelas**  + atribut  + operasi() | Kelas pada struktur sistem |
| 2 | *Interface* | Sama dengan konsep *interface* dalam beberapa pemrograman berrorientasi objek. |
| 3 | *Association* | Relasi antar kelas dengan makna umum.  Asosiasi biasanya juga disertai dengan *multiplicity* |
| 4 | *Directed Association* | Relasi antar kelas dengan makna kelas yang satu digunakan oleh kelas yang lain. |
| 5 | *Dependency* | Relasi antar kelas dengan ketergantungan antar kelas |
| 6 | *Aggregation* | Relasi antar kelas dengan makna semua-bagian (whole-part) |

(Sumber : Rinaldi, 2019)

#### *Deployment* Diagram

Menggambarkan secara lengkap bagaimana komponen di *deployment* dalam infrastruktur sistem, di mana komponen akan terletak, bagaimana kemampuan jaringan pada kondisi tertentu, spesifikasi *server*, dan hal-hal lain yang bersifat fiskal (Wijaya, Masriadi, & Ikhlas, 2020).

Tabel 2.7. Notasi *Deployment* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Simbol** | **Keterangan** |
| 1 | *Package*  [Description: http://4.bp.blogspot.com/-sc_hs41py7c/VR5gbgH2yHI/AAAAAAAAAXU/xAgOjf7Nc-g/s1600/Snap%2B2015-04-03%2Bat%2B16.41.02.png](http://4.bp.blogspot.com/-sc_hs41py7c/VR5gbgH2yHI/AAAAAAAAAXU/xAgOjf7Nc-g/s1600/Snap+2015-04-03+at+16.41.02.png) | Package merupakan sebuah bungkusan dari satu atau lebih komponen. |
| 2 | *Node*  Nama\_node | Biasanya mengacu pada perangkat keras(*hardware*), perangkat lunak yang tidak dibuat sendiri (*software*), jika di dalam node disertakan komponen untuk mengonsistensikan rancangan maka komponen yang diikutsertakan harus sesuai dengan komponen yang telah didefinisikan sebelumnya pada diagram komponen. |
| 4 | *Dependency* | Ketergantungan antar komponen, arah panah mengarah pada komponen yang dipakai. |
| 5 | *Link* | Relasi antar komponen. |

(Sumber : Wijaya, Masriadi, & Ikhlas, 2020).

## *Artificial* Intelligence

*Andreas Kaplan* dan *Michael Haenlein* mendefinisikan kecerdasan buatan / *Artificial Intelligence (AI)* sebagai kemampuan sistem untuk menafsirkan data eksternal dengan benar, untuk belajar dari data tersebut, dan menggunakan pembelajaran tersebut guna mencapai tujuan dan tugas tertentu melalui adaptasi yang fleksibel. Sistem seperti ini umumnya dianggap sebagai komputer (Siahaan, et al., 2020).

Lebih lanjut *Budiharto* menyatakan bahwa *Intelligence* merupakan istilah yang kompleks yang dapat didefinisikan dengan ungkapan yang berbeda seperti logika, pemahaman, self-awareness, pembelajaran, perencanaan, dan problem solving. Sedangkan “*Artificial*” adalah sesuatu yang tidak nyata, seperti tipuan karena merupakan hasil simulasi (Sihombing & Syaputra, 2020).

Savitri menguraikan bahwa Kecerdasan buatan / *Artificial* intelligence (AI) merupakan bidang ilmu komputer yang menekankan pada penciptaan mesin cerdas yang bekerja dan bereaksi seperti manusia yang perkembangannya terjadi sangat pesat di era revolusi industri keempat (Sihombing & Syaputra, 2020).

Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin / komputer agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan oleh manusia. Beberapa macam bidang yang menggunakan kecerdasan buatan antara lain sistem pakar, permainan komputer (games), logika fuzzy, jaringan saraf tiruan dan robotika (Siahaan, et al., 2020).

Tujuan utama dari pembuatan AI adalah untuk membuat mesin memiliki fungsi yang memiliki kriteria-kriteria kecerdasan di dalamnya sehingga mesin tersebut mampu melakukan pekerjaan manusia yang lebih kompleks, tergantung dari tingkat kecerdasan AI yang digunakan (Gunova, 2021).

Dalam penerapannya, terdapat 6 kemampuan utama yang dapat diklasifikasikan sebagai AI (Gunova, 2021), Kemampuan tersebut antara lain :

* Representasi Informasi/Pengetahuan (Knowledge Representation)
* Perencanaan (Planning)
* Persepsi (Perception)
* *Machine* *Learning* / *Deep Learning*
* Pemahaman Bahasa (Natural Language Processing)
* Robotics

Meskipun 6 kemampuan di atas memiliki fungsi yang berbeda-beda, kemampuan tersebut saling berhubungan satu sama lain saat pengaplikasiannya. Bahkan hubungan antar kemampuan utama di atas akan membentuk kemampuan baru (Gunova, 2021).

## *Machine* *Learning*

*Machine* *Learning* merupakan Disiplin ilmu yang menggunakan berbagai pendekatan untuk mengajarkan komputer untuk menyelesaikan tugas-tugas di mana tidak ada algoritma yang sepenuhnya memuaskan tersedia. Dalam kasus di mana terdapat sejumlah besar jawaban potensial, satu pendekatan adalah memberi *label* beberapa jawaban yang benar sebagai valid. Ini kemudian dapat digunakan sebagai data pelatihan bagi komputer untuk meningkatkan algoritme yang digunakannya untuk menentukan jawaban yang benar. Misalnya, untuk melatih sistem untuk tugas pengenalan karakter digital, kumpulan data MNIST dari angka tulisan tangan sering digunakan (Alpaydin, 2020).

Program *Machine Learning* dapat melakukan tugas tanpa diprogram secara eksplisit untuk melakukannya. Ini melibatkan komputer belajar dari data yang disediakan sehingga mereka melakukan tugas-tugas tertentu. Untuk tugas-tugas sederhana yang ditugaskan ke komputer, dimungkinkan untuk memprogram algoritme yang memberi tahu mesin bagaimana menjalankan semua langkah yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang dihadapi; di bagian komputer, tidak diperlukan pembelajaran. Untuk tugas yang lebih maju, mungkin sulit bagi manusia untuk membuat algoritme yang diperlukan secara manual. Dalam praktiknya, ternyata lebih efektif untuk membantu mesin mengembangkan algoritmenya sendiri, daripada meminta pemrogram manusia menentukan setiap langkah yang diperlukan (Alpaydin, 2020).

Algoritma *Machine Learning* digunakan dalam berbagai macam aplikasi, seperti dalam kedokteran, penyaringan *email*, pengenalan suara, dan visi komputer, di mana sulit atau tidak mungkin untuk mengembangkan algoritma konvensional untuk melakukan tugas-tugas yang diperlukan (Hu, Niu, Carrasco, Lennox, & Arvin, 2020).

Graphical user interface, text

Description automatically generated

(Sumber : Kumar, Amgoth, & Annavarapu, 2019)

Gambar 2.2. Struktur *Machine* *Learning*

### Tipe-tipe *Machine* *Learning*

Dalam *Machine* *Learning*, terdapat beberapa metode atau pendekatan yang dapat digunakan mesin untuk melakukan pembelajaran. Namun secara garis besar, terdapat 3 metode *Machine* *Learning* yang dipisahkan berdasarkan tipe *input* atau dataset dan cara pelatihannya (Gunova, 2021). Metode-metode tersebut antara lain :

#### *Supervised* *Learning*

*Supervised* *Learning* (SL) merupakan sebuah metode ML di mana metode ini memberikan kumpulan data yang ber*label* dan data *input* ke dalam mesin. Maksud dari dataset yang ber*label* ini ialah untuk setiap tipe/bentuk kumpulan data yang telah diberikan, *output*nya telah ditentukan. Setelah menerima *input*, mesin kemudian akan memberikan *output* berdasarkan kumpulan data yang di*label*i. Metode ini cocok digunakan untuk penyelesaian masalah *class*ification dan regression (Gunova, 2021).

Algoritma yang termasuk ke dalam teknik *supervised* *Learning* di antaranya *Decision* Tree, K-Nearest Neighboor (KNN), Naive Bayes, Regresi, dan Super Vector *Machine* (Pamungkas, Prasetya, & Kharisudin, 2020).



(Sumber : Gunova, 2021)

Gambar 2.3. Cara Kerja *Supervised* *Learning* (SL)

#### Un*supervised* *Learning*

Un*supervised* *Learning* (UL) merupakan sebuah metode ML di mana metode ini hanya memberikan data *input* saja ke dalam mesin. Setelah menerima *input*, mesin kemudian akan memberikan *output* berdasarkan pola data *input* yang diterima. Metode ini cocok digunakan untuk penyelesaian masalah pengelompokan data, baik itu association maupun clustering (Gunova, 2021).

Beberapa Algoritma dalam un*supervised* *Learning* di antaranya DBSCAN, Fuzzy C-*Mean*s, K-*Mean*s, dan Self Organizing Map. DBSCAN pengelompokan berdasarkan kepadatan (density) data, konsep kepadatan menghasilkan status dari data yaitu core (inti), border (batas), dan noise (Ashari, Otniel, & Rianto, 2019).



(Sumber : Gunova, 2021)

Gambar 2.4. Cara Kerja Un*supervised* *Learning* (UL)

#### Reinforcement *Learning*

Reinforcement *Machine* *Learning* adalah algoritma yang mempunyai kemampuan untuk berinteraksi dengan proses belajar yang dilakukan, algoritma ini akan memberikan poin (reward) saat model yang diberikan semakin baik atau mengurangi poin (*error*) saat model yang dihasilkan semakin buruk. Salah satu penerapan yang sering dijumpai yaitu pada mesin pencari (Fajarsari, 2020).



(Sumber : Gunova, 2021)

Gambar 2.5. Cara Kerja Reinforcement *Learning* (RL)

## *Deep Learning*

Sejak tahun 2006, *Deep Structured Learning* atau yang lebih dikenal dengan *Deep Learning* atau *Hierarchical Learning* telah muncul sebagai area baru dalam penelitian *Machine Learning* yang berdasarkan pada suatu set algoritma yang mencoba untuk memodelkan abstraksi tingkat tinggi pada data dengan menggunakan graf yang mendalam dengan beberapa *layer* pengolahan, yang terdiri dari beberapa trans*form*asi linier dan non-linier (François, 2018).



(Sumber : Gunova, 2021)

Gambar 2.6. Hubungan antar metode yang dalam ML (UL, SL, RL, dan DL)

*Deep Learning* sendiri adalah cabang ilmu *Machine Learning* berbasis *Neural Network (NN)* atau bisa dikatakan sebagai perkembangan dari *Neural Network* (Ilahiyah & Nilogiri, 2018). Metode pendekatan *Deep Learning* mengklasifikasi data dalam dua sesi yaitu sesi *training* dan *testing*. Pada sesi *training* mempelajari ekstraksi fitur dari setiap data supaya bisa membedakan satu *label* dengan *label* yang lain. Pada sesi *testing* data-data yang diuji dapat di analisa dari hasil sesi *training* (Azizah, Umayah, & Fajar, 2018).



(Sumber : Savalia & Emamian, 2018)

Gambar 2.7. Perbedaan Simple *Neural* *Network* dan *Deep Learning*

Dalam *Deep Learning*, sebuah komputer belajar mengklasifikasi secara langsung dari gambar atau suara. Metode *Deep Learning* menggunakan CPU dan RAM dalam proses komputasi, dan juga memanfaatkan GPU sehingga proses komputasi data yang besar dapat berlangsung lebih cepat (Ilahiyah & Nilogiri, 2018).

## Jaringan Syaraf Tiruan

*Jaringan saraf tiruan (JST) / Artificial Neural Network (ANN) / Neural Nenwork (NN)* adalah jaringan komputasi terinspirasi dari cara kerja otak manusia karena terbukti Otak manusia melakukan sesuatu hal yang sama persis seperti, hierarki pertama pada *neuron* menerima *form*asi pada visual cortex yang sensitif terhadap gambaran tepi dan gumpalan khusus (François, 2018).

*Neural* *Network* mempunyai lapisan masukan (*input* *layer*) dan lapisan keluaran (*output* *layer*). Pada setiap lapisan mempunyai satu atau beberapa *unit* *neuron*, dan mempunyai sebuah fungsi aktivasi dari *unit* tersebut untuk menentukan sebuah keluaran. Untuk meningkatkan kemampuan dari NN, dapat ditambahkan lapis tersembunyi atau *hidden* *layer*. Data *training* dapat digunakan untuk melatih NN, semakin banyak data *training* maka akan semakin baik unjuk kerja dari NN tersebut. Tetapi NN juga mempunyai keterbatasan pada jumlah lapisan, karena semakin banyak jumlah lapisan semakin banyaknya juga jumlah iterasi atau *training* yang dibutuhkan (Priyanto, Zarlis, Mawengkang, & Efendi, 2019).



(Sumber : Shekar, S´a, Ferreira, & Soares, 2018)

Gambar 2.8. Skema Jaringan Saraf Tiruan

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.8Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu (Satria, 2018) :

1. Lapisan *Input*, *unit*-*unit* di dalam lapisan *input* disebut *unit*-*unit* *input*. *Unit*-*unit* *input* tersebut menerima pola *input*an data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan (Satria, 2018)
2. Lapisan tersembunyi, *unit* -*unit* di dalam lapisan tersembunyi disebut *unit*- *unit* tersembunyi (Satria, 2018)
3. Lapisan *output*, *unit*-*unit* di dalam lapisan *output* disebut *unit*-*unit* *output* (Satria, 2018)

### Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Arsitektur atau struktur *Neural* *Network* adalah gambaran susunan komponen *layer* dan *neuron* pada *input*, *hidden* dan *output* yang terhubung dengan *weight* atau *weight*, activation *Function* dan *Learning* *Function*. Perceptron dan *Multilayer* Perceptron adalah dasar dari jaringan saraf tiruan. Sebuah perceptron adalah algoritma klasifikasi biner yang dimodelkan setelah berfungsinya otak manusia, hal ini dimaksudkan untuk meniru *neuron*. Meskipun perceptron memiliki struktur sederhana tetapi memiliki kemampuan untuk belajar dan menyelesaikan masalah yang sangat kompleks. *Neural* Netwrok yang paling populer adalah jaringan multi perceptron feed-*forward* yang dilatih melalui algoritma *backpropagation* (Ranjit, Shrestha, Subedi, & Shakya, 2018).

A picture containing shape

Description automatically generated

(Sumber : cllau, 2020)

**Gambar 2.9. Perceptron *Input* dan *Output***

Menurut Revi, Solikhun, & Safii JST memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai sistem. Arsitektur JST tersebut, antara lain sebagai berikut (Revi, Solikhun, & Safii, 2018) :

#### Single Perceptron

ANN yang bentuknya paling kecil disebut single perceptron yang hanya terdiri dari sebuah *neuron*, seperti terlihat pada Gambar 2.9(Priyanto, Zarlis, Mawengkang, & Efendi, 2019).

Single perceptron hanya terdiri dari 1 lapisan *input* dan 1 lapisan *output*. Setiap *neuron* yang terdapat di dalam lapisan *input* selalu terhubung dengan setiap *neuron* yang terdapat pada lapisan *output*. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (Revi, Solikhun, & Safii, 2018).

A picture containing text, night sky

Description automatically generated

(Sumber : Putra J. G., 2020)

**Gambar 2.10. Single Perceptron**

Secara matematis pada Gambar 2.10 terdapat *feature* vector *x* yang menjadi *input* bagi *neuron* tersebut. *Feature* vector merepresentasikan suatu data point, event atau instance. *Neuron* akan memproses *input* *x* melalui perhitungan jumlah perkalian antara nilai *input* dan *synapse weight*, yang dilewatkan pada fungsi non-linear. Pada *training*, yang dioptimasi adalah nilai *synapse weight* (*Learning* *parameter*). Selain itu, terdapat juga *bias* *b* sebagai kontrol tambahan. *Output* dari *neuron* adalah hasil fungsi aktivasi dari perhitungan jumlah perkalian antara nilai *input* dan *synapse weight*. Ada beberapa macam fungsi aktivasi, misal *step Function, sign Function, rectifier dan sigmoid Function* (Priyanto, Zarlis, Mawengkang, & Efendi, 2019).

#### *Multilayer* Perceptron (MLP)

*Multilayer* merupakan bentuk lapisan perceptron yang digabungkan, dengan menambahkan lebih banyak *layer* dan *neuron* tiap *layer*. *Multilayer* Perceptron (MLP) sendiri merupakan arsitektur yang paling banyak digunakan untuk jaringan saraf (Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020).



(Sumber : Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020)

Gambar 2.11. *Deep* *Neural* *Network* *Multilayer* Perceptron

*Multilayer* Perceptron memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki 3 jenis lapisan yakni lapisan *input*, lapisan *output*, dan lapisan tersembunyi. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan sering membutuhkan waktu yang cenderung lama (Revi, Solikhun, & Safii, 2018).

MLP dilatih dari data pelatihan melalui proses yang disebut *backpropagation*. Proses ini dapat digambarkan sebagai cara untuk memperbaiki kesalahan secara progresif segera setelah terdeteksi. Pada awalnya, semua *weight* ditetapkan secara acak. Kemudian jaringan diaktifkan untuk setiap *input* dalam set pelatihan: nilai disebarkan ke depan (*forward* *propagation*) dari tahap *input* melalui tahap tersembunyi ke tahap *output* di mana prediksi dibuat (Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020).

Karena nilai real yang diamati dalam set pelatihan diketahui, maka memungkinkan untuk menghitung kesalahan yang dibuat dalam prediksi. Proses kerja utama dalam backtracking adalah melakukan alur kembali dari *output* menuju *input* dengan menggunakan algoritma pengoptimalan yang tepat, seperti *gradient* descent, untuk menyesuaikan *weight* (*weight*) jaringan saraf dengan tujuan mengurangi kesalahan (Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020).

#### Competitive *Layer* Net

Bentuk lapisan kompetitif merupakan jaringan saraf tiruan yang sangat besar. Interkoneksi antar *neuron* pada lapisan ini tidak ditunjukkan pada arsitektur seperti jaringan yang lain. Pada jaringan ini sekumpulan *neuron* bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif atau sering pula disebut dengan prinsip *winner takes all* atau yang menanglah yang mengambil semua bagiannya (Sadli, 2018).



(Sumber : Sadli, 2018)

Gambar 2.12. Competitive *Layer* Net

### Teknik *Training* Jaringan Syaraf Tiruan

Proses Jaringan Syaraf Tiruan proses *training* terbagi menjadi dua yaitu *Forward* Pass dan *Backpropagation* (Winoto, 2020). Antara lain sebagai berikut :

#### *Forward* *Propagation* / *Forward* pass

Pemrosesan dari *layer* *input* ke *hidden* *layer* dan kemudian ke lapisan *output* adalah disebut *forward* *propagation* (Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020). *Forward* *propagation* adalah proses mengolah sinyal *input* dengan *weight* yang tersedia pada saat melewati *Hidden* *Layer* hingga sampai ke *Output* *Layer*. Setiap *Layer* memiliki fungsi aktivasi yang berfungsi untuk mengaktifkan atau tidak suatu sinyal (Winoto, 2020).



(Sumber : Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020)

Gambar 2.13. *Forward* *Propagation*

##### Algoritma Training Forward Propagation

Algoritma pembelajaran untuk JST *forward* *propagation* adalah sebagai berikut (Azise, Andono, & Pramunendar, 2019) :

1. Masing-masing *input* menerima sinyal , kemudian melanjutkan ke semua *unit* pada *hidden layer*
2. Pada masing-masing *hidden* *layer*, menjumlahkan *weight* sinyal *input* dengan persamaan : Untuk menghitung sinyal *output* pada fungsi aktivasi menggunakan persamaan
3. Masing-masing *unit* *output* menjumlahkan *weight* sinyal *input* dengan persamaan Untuk menghitung nilai *output* dengan menerapkan fungsi aktivasi menggunakan persamaan

#### *Backward* *propagation* / *Backward* Pass

*Backpropagation* merupakan metode pelatihan dari *Artificial* *Neural* *Network* yang menggunakan arsitektur *multilayer* dengan algoritma pembelajaran *supervised*. Metode ini bertujuan untuk melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola dalam pelatihan dan memberikan respons yang benar terhadap pola *input* yang hampir sama dengan pola yang dipakai selama pelatihan. Metode ini juga melakukan dua tahapan, yaitu *feedforward* atau perhitungan maju dan *backward* *propagation* atau perhitungan mundur (Pandji, Indwiarti, & Rohmawati, 2019).



(Sumber : Sen, Sugiarto, & Rochman, 2020)

Gambar 2.14. *Backward* *Propagation*

##### Tahap Training Backward Propagation

Secara garis besar, *training* jaringan dengan dengan metode *backpropagation* meliputi tiga tahap (Satria, 2018) :

###### Tahap maju

Tahap *feedforward* yang dimaksud adalah proses pengolahan *input* dari pola *input* *training* pada *input* *layer* sampai respons yang dihasilkan mencapai *output* *layer* (Satria, 2018).

###### Tahap perhitungan error propagasi balik

Respons yang dihasilkan pada *output* *layer* akan dibandingkan dengan *output* target, kemudian dihitung *error*nya. Bila kriteria untuk kondisi berhenti (*stopping* *condition*) belum terpenuhi, maka dilanjutkan ke tahap ketiga (*adjustment* *of* *the* *weight*s and *bias*es). Namun jika kondisi berhenti sudah terpenuhi, maka proses perhitungan berhenti (Satria, 2018).

###### Tahap pembaharuan weight dan bias

Kondisi ini terjadi jika *output* yang diharapkan tidak sesuai, maka jaringan akan bergerak mundur (*backward*) dari *output* *layer* menuju ke *input* *layer* dan akan melakukan update *weight* dan bisa serta mengulangi proses dari tahap 1. *Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah *weight* yang terhubung dengan *neuron* yang ada pada lapisan tersembunyinya (Satria, 2018).

##### Algoritma Training Backward Propagation

Algoritma pembelajaran untuk JST *Backpropagation* adalah sebagai berikut (Muflih, Sunardi, & Yudhana, 2019) :

1. Inisiasi *weight* (tetapkan dengan nilai acak kecil)
2. Selama syarat kondisi *false* kerjakan langkah 2-9
3. Untuk setiap pasangan yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan langkah 3-8
4. Setiap *unit* *input* menerima sinyal dan meneruskan sinyal ke semua *unit* pada lapisan tersembunyi
5. Setiap *unit* tersembunyi menjumlahkan *weight* sinyal *input* dengan persamaan berikut: , Hitung sinyal *output* dengan fungsi aktivasinya Kirimkan sinyal ini ke semua *unit* pada lapisan *output*.
6. Setiap *unit* *output* menjumlahkan *input* ter*weight*nya Hitung sinyal *output* dengan fungsi aktivasinya
7. Setiap *unit* *output* menerima pola target sesuai dengan pola *input* pelatihan, kemudian hitung *error* seperti persamaan Hitung suku koreksi *weight* (digunakan untuk perbaruan wjk) Hitung suku koreksi *bias* (digunakan untuk perbaruan wok) Kirimkan ke *unit*-*unit* dilapis bawahnya
8. Setiap *unit* tersembunyi menjumlahkan delta *input*nya (dari *unit*-*unit* yang berada pada lapis diatasnya) Hitung suku informasi *error* Hitung suku koreksi *weight* (untuk perbaruan vij) Hitung suku koreksi *bias* (untuk perbaruan voj) Perbaruan *weight* dan *bias*
9. Setiap *unit* *output* perbarui *weight*-*weight* dan *bias*nya :
10. Setiap *unit* tersembunyi perbarui *weight*-*weight* dan *bias*nya :
11. Uji syarat berhenti, Fungsi aktivasi *sigmoid*

## *Long Short-Term Memory*

*Long Short-Term Memory (LSTM)* merupakan pengembangan dari *Recurrent Neural Network (RNN)* dengan mengatasi salah satu kekurangan *RNN* yaitu kemampuan pengelolaan informasi dalam periode yang lama yang mana dilakukan modifikasi pada *Recurrent* *Neural* *Network* (RNN) dengan memberi *memory* *cell* untuk dapat menyimpan informasi dalam waktu yang lama. Diusulkan oleh Sepp Hochreiter dan Jurgen Schmidhuber pada tahun 1997, *LSTM* banyak dipilih untuk prediksi berbasis waktu atau *timeseries* karena dikenal lebih unggul dan handal dalam melakukan prediksi dalam waktu lama dibanding algoritma lain (Zahara, Sugianto, & Ilmiddafiq, 2019; Manaswi, 2018).

A screenshot of a video game

Description automatically generated with medium confidence  
Diagram

Description automatically generated

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.15. Arsitektur LSTM berisi empat *layer* yang saling berinteraksi.

Kunci LSTM adalah *cell state*, garis horizontal yang melewati bagian atas diagram keadaan sel seperti ban berjalan. Ini berjalan lurus ke bawah seluruh rantai, memiliki beberapa linier kecil interaksi (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019). Untuk setiap sel memori memiliki tiga *layer* *sigmoid* dan satu *layer* *tanh* (Qiu, Wang, & Zhou, 2019).

A picture containing text, clock

Description automatically generated

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.16. Alur Informasi *Cell state* pada LSTM

Keterangan (Pardede & Ibrahim, 2020) :

: *Cell state*

: Nilai *Cell state* sebelum order ke *t*

Pada Gambar 2.16, garis horizontal yang melalui bagian atas diagram dikenal sebagai *cell state* (, ). Ini bertindak seperti ban berjalan yang berjalan di seluruh jaringan. Ini membawa informasi dari sel sebelumnya ke saat ini dan seterusnya (Hiransha, Gopalakrishnan, Menon, & Soman, 2018). Kemampuan untuk menambah atau menghapus informasi ke *cell state* dikendalikan oleh struktur yang disebut *gate*. *Gate* digunakan untuk secara opsional membiarkan informasi lewat. Informasi yang di saring melalui struktur *gate* yang akan mempertahankan dan memperbarui *cell state* memori (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019; Qiu, Wang, & Zhou, 2019).

Graphical user interface, application

Description automatically generated

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.17. *Layer* *sigmoid* mengeluarkan angka antara nol dan satu.

Pada Gambar 2.17 *layer* *sigmoid* mengeluarkan angka antara 0 dan 1, menggambarkan berapa banyak dari setiap komponen yang harus dilewati. Nilai 0 berarti “jangan biarkan apa pun lewat”, sedangkan nilai 1 berarti “biarkan semuanya lewat!” (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019)*.*

### Proses *Training* dan *Testing* Pada LSTM

LSTM disebut juga sebagai jaringan saraf dengan arsitektur yang mudah beradaptasi, sehingga bentuknya dapat disesuaikan, tergantung pada aplikasinya. *Long Short-Term Memory* merupakan turunan dari metode RNN (*Recurrent* *Neural* *Network*). *Recurrent* *Neural* *Network* merupakan jaringan saraf berulang yang didesain khusus untuk menghadapi data berurutan (*sequence* data) (Wiranda & Sadikin, 2019).

#### *Training* Model LSTM

Beberapa tahapan dalam proses *training* model LSTM dengan *backpropagation* adalah (Arfan & ETP, 2019) :

1. Inisialisasi *weight* awal
2. *Input* data *training*
3. Perhitungan LSTM pada setiap *input* yaitu dimulai dengan *forget gates*, fungsi *input gates*,fungsi *cell states* dan yang terakhir fungsi *output gates*.
4. Perhitungan standard deviasi MSE untuk mendapatkan nilai selisih antara nilai LSTM dengan target *output*.
5. Perhitungan gradien untuk menentukan nilai *weight* supaya hasil *loss* mendekati 0 dengan menggunakan *Backpropagation Through Time* (BTTP).
6. Setelah mendapatkan nilai gradien, maka dilanjutkan dengan persamaan fungsi optimasi dan update *weight*.
7. Kembali ke langkah dua sebanyak *epoch* yang telah ditentukan.

Bedasarkan Penjabaran di atas, Pembentukan model LSTM diawali dengan menginisialisasi paramater yang dibutuhkan yaitu *hidden* *layer* (lapisan tersembunyi), *units* (memori sel), *epoch* (putaran), dan *batch* size (jumlah sampel data). Setelah model dibentuk maka data akan dilatih dengan melewati mekanisme *gate*s pada LSTM. Data akan dilatih terus hingga mencapai batas *error* yang diinginkan dengan penentuan serta pengubahan *parameter* yang digunakan (Agusta, Ernawati, & Muliawati, 2021).

Ketika data sudah mencapai target yang diinginkan, proses iterasi akan berhenti dan berikutnya model akan diuji dengan data pengujian atau dapat mengulang kembali proses pelatihan. Proses iterasi ini juga diolah dengan menggunakan fungsi optimasi dan *dropout*. Optimasi berguna untuk menentukan *weight* optimal dan mengurangi kesalahan sehingga dapat memaksimalkan keakuratan model. Sedangkan *dropout* berguna untuk mencegah terjadinya *overfitting* pada model (Agusta, Ernawati, & Muliawati, 2021).

#### *Testing* Model LSTM

Pengujian / *Testing* ini dengan mengambil data *testing* kemudian dibandingkan dengan data yang dihasilkan dengan metode LSTM pada rentang waktu yang ditentukan dengan metode akurasi yang digunakan menggunakan Standard deviasi (Arfan & ETP, 2019).

### Fungsi Aktivasi Pada LSTM

Fungsi aktivasi sangat berperan dalam mengaktifkan setiap *neuron* pada *jaringan saraf tiruan* serta menentukan keluaran dari suatu jaringan saraf tiruan (Susilawati & Muhathir, 2019). Berikut adalah beberapa fungsi aktivasi yang di gunakan dalam penelitian ini :

#### *Sigmoid* (σ)

Fungsi aktivasi *sigmoid* merupakan fungsi non-linear. *Input* untuk fungsi aktivasi ini berupa bilangan real dan *output* dari fungsi aktivasi ini memiliki range antara 0 sampai 1 (Suhermi, Suhartono, Dana, & Prastyo, 2018). Berikut ini perhitungan dari fungsi aktivasi *sigmoid* :

Di mana :

: data *input*

: konstanta matematika (2,718281828…)

Fungsi *sigmoid* mentrans*form*asi range nilai dari *input* x menjadi antara 0 dan 1. Jika *inputnya* sangat negatif, maka keluaran yang didapatkan adalah 0, sedangkan jika *input* sangat positif maka nilai keluaran yang didapatkan adalah 1. Fungsi ini memiliki kekurangan yaitu dapat mematikan *gradient*, ketika aktivasi dari *neuron* mengeluarkan nilai yang berada pada range 0 atau 1, di mana *gradient* di wilayah ini hampir bernilai 0. Kemudian *output* dari *sigmoid* tidak zero-centered (Suhermi, Suhartono, Dana, & Prastyo, 2018).



(Sumber : Deng, Tong, Lan, & Huang, 2020)

Gambar 2.18. Illustrasi *Sigmoid*

#### Hyperbolic (*Tanh*)

Fungsi aktivasi *Tanh* merupakan fungsi non-linear. *Input* untuk fungsi aktivasi ini berupa bilangan real dan *output* dari fungsi tersebut memiliki range antara -1 sampai 1 (Suhermi, Suhartono, Dana, & Prastyo, 2018). Berikut ini perhitungan dari fungsi aktivasi *tanh* :

Di mana :

: data *input*

: konstanta matematika (2,718281828…)

Sama seperti fungsi *sigmoid*, fungsi ini memiliki kekurangan yaitu dapat mematikan *gradient*, akan tetapi fungsi ini juga memiliki kelebihan yaitu *output* yang dimiliki fungsi *Tanh* merupakan zero-centered. Dalam pengaplikasiannya fungsi *Tanh* lebih menjadi pilihan jika dibandingkan dengan fungsi *sigmoid*. Fungsi Perlu diketahui fungsi *tanh* merupakan pengembangan dari fungsi *Sigmoid* (Suhermi, Suhartono, Dana, & Prastyo, 2018).



(Sumber : Flywind, 2018)

Gambar 2.19. Ilustrasi *Tanh*

### Langkah *Training* *Gate*s Pada LSTM

LSTM memiliki tiga di antaranya gerbang, untuk melindungi dan mengontrol *cell state*, Struktur gerbangnya mencakup *forget gate*, *input gate.* dan *output gate*. *Gate* terdiri dari *layer* jaring saraf *sigmoid* dan operasi perkalian pointwise (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019; Qiu, Wang, & Zhou, 2019). Berikut ialah keterangan setiap *gate* yang ada pada Gambar 2.15 :

#### *Forget* *Gate*

Pada *forget gate* informasi pada setiap data *input* yang akan diolah dan dipilih data mana saja yang akan disimpan atau dibuang pada *memory* *cells*. Fungsi aktivasi yang digunakan pada *forget gate* ini adalah fungsi aktivasi *sigmoid*. Di mana hasil keluarannya antara 0 dan 1. Jika keluarannya adalah 1 maka semua data akan disimpan dan sebaliknya jika keluarannya 0 maka semua data akan dibuang (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018). Dengan rumus seperti pada Gambar 2.20 :

Diagram

Description automatically generated

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.20. Persamaan *Forget* *Gate* pada LSTM

Keterangan (Pardede & Ibrahim, 2020) :

: *Forget gate*

: Fungsi Aktivasi *Sigmoid*

: Nilai *Weight* untuk *Forget gate*

: Nilai *output* sebelum order ke *t*

: Nilai *input* pada order ke *t*

: Nilai *bias* pada *Forget gate*

Pada Gambar 2.20 LSTM memutuskan informasi apa yang akan dibuang dari *cell state*. Keputusan ini dibuat oleh *layer* *sigmoid* yang disebut "*layer* *forget* *gate*." (). Terlihat pada dan dan nilai *output* antara angka 0 dan 1 untuk setiap angka dalam *cell state* pada Gambar 2.16. *Output* dari 1 mewakili 'sepenuhnya simpan ini' sementara 0 mewakili 'singkirkan ini sepenuhnya' (Boruah & Barman, 2018).

#### *Input* *Gate*

Pada *input gate* terdapat dua *gate*s yang akan dilaksanakan, pertama akan diputuskan nilai mana yang akan diperbarui menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Selanjutnya fungsi aktivasi *tanh* akan membuat *vektor* nilai baru yang akan disimpan pada *memory* *cell* (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018). Dengan rumus seperti pada Gambar 2.21 :

Diagram

Description automatically generated

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.21. Persamaan yang melewati *Input* *Gate* pada LSTM

Keterangan (Pardede & Ibrahim, 2020) :

: *Input gate*

: Nilai baru yang dapat ditambahkan ke *cell state*

: Fungsi Aktivasi *Sigmoid*

: Fungsi Aktivasi *Tanh*

: Nilai *Weight* untuk *Input gate*

: Nilai *Weight* untuk *Cell state*

: Nilai *output* sebelum order ke *t*

: Nilai *input* pada order ke *t*

: Nilai *bias* pada *Input gate*

: Nilai *bias* pada *cell state*

Pada langkah berikutnya di Gambar 2.21LSTM memutuskan informasi apa yang akan disimpan dari *cell state*. Pertama *layer* *sigmoid* yang disebut "*layer* *input gate*" () memutuskan nilai mana yang akan diperbarui. Setelah itu, *layer* membuat *vektor* nilai kandidat baru, , yang dapat ditambahkan ke *state* (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019).

#### *Cell state* / *Memory* *State*

Pada *cell state* *gate*s akan mengganti nilai pada *memory* *cell* sebelumnya dengan nilai *memory* *cell* yang baru. Di mana nilai ini didapatkan dari menggabungkan nilai yang terdapat pada *forget* *gate* dan *input* *gate* (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018). Dengan rumus seperti pada Gambar 2.22:

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.22. Persamaan Memperbaharui *Cell state* pada LSTM

Keterangan (Pardede & Ibrahim, 2020) :

: *Cell state*

: *Forget gate*

: Nilai *Cell state* sebelum order ke *t*

: *Input gate*

: Kandidat konteks baru yang dapat ditambahkan ke *cell state*

Pada langkah selanjutnya di Gambar 2.22, kedua *layer* di gabungkan digabungkan untuk membuat pembaruan ke *cell state*. Pada Langkah inilah nilai *cell state* lama (), akan di perbaharui ke nilai dari *cell state* baru () di mana LSTM akan mengalikan *cell state* lama dengan () kemudian ditambahkan dengan () . Ini adalah nilai kandidat baru, yang diskalakan berdasarkan seberapa banyak memutuskan untuk memperbarui setiap nilai *cell state*. (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019).

#### *Output* *Gate*

Pada *output gate* terdapat dua *gate* yang akan dilaksanakan, pertama akan diputuskan nilai pada bagian *memory* *cell* mana yang akan dikeluarkan dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Selanjutnya akan ditempatkan nilai pada *memory* *cell* dengan menggunakan fungsi aktivasi *tanh*. Terakhir kedua *gate* tersebut di dikalikan sehingga menghasilkan nilai yang akan dikeluarkan (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018). Dengan rumus seperti pada Gambar 2.23 :

A picture containing text, clock

Description automatically generated

(Sumber : Manu, 2021)

Gambar 2.23. Persamaan melewati *Output* *Gate* pada LSTM

Keterangan (Pardede & Ibrahim, 2020) :

: *Output gate*

: *Cell state*

: Fungsi Aktivasi *Sigmoid*

: Fungsi Aktivasi *Tanh*

: Nilai *Weight* untuk *Output gate*

: Nilai *output* sebelum order ke *t*

: Nilai *input* pada order ke *t*

: Nilai *bias* pada *Output gate*

: Nilai *output* pada order ke *t*

Terakhir pada Gambar 2.23 adalah tahap di mana perlu memutuskan apa yang akan hasilkan. *Output* akan didasarkan pada *cell state*, tetapi akan menjadi versi yang difilter. Pertama, peneliti menjalankan *layer* *sigmoid* yang memutuskan bagian mana dari *cell state* yang akan peneliti hasilkan. Kemudian, *cell state* di tempatkan melalui *tanh* (untuk mendorong nilai menjadi antara -1 dan 1) dan mengalikannya dengan *output* *gate* *layer* *sigmoid*, sehingga hanya akan menampilkan bagian yang putuskan (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019).

### *Loss* *Function*

Kinerja pembelajaran diukur dari optimalnya nilai suatu fungsi seperti minimalnya nilai *loss* dan *error*. *Loss* adalah ukuran seberapa dekat atau berbeda model yang dihasilkan dengan data asli, sedangkan *error* merupakan salah satu cara untuk menghitung *loss*. Nilai dari *loss* dan *error* tergantung dari *parameter* pembelajaran yang digunakannya. Kekurangan dari *Machine* *Learning* adalah membutuhkan data yang banyak untuk proses pembelajarannya (Putra J. G., 2020). Dalam Penelitian ini fungsi pengukuran nilai *error* yang akan di gunakan adalah *Mean* *Squared* *Error* (MSE).

#### *Mean* *Squared* *Error* (MSE)

Tingkat akurasi ditujukan selain secara visual dalam bentuk grafik juga dalam bentuk kuantitatif dengan mengukur nilai MSE (*Mean* Square *Error*) MSE berhubungan dengan variasi sebaran frekuensi (*frequency* *distribution*) dari besar kesalahan yang diperoleh, tapi tidak dengan variasi kesalahan. (Karno, Hastomo, Nisfiani, & Lukman, 2020). Berikut ini perhitungan dari MSE :

Di mana (Aprian, Azhar, & Nastiti, 2020) :

: adalah jumlah data

: adalah data prediksi pada waktu ke i

: adalah data asli pada waktu i

Uji Validitas menggunakan *Mean* *Squared* *Error* (MSE) dilakukan untuk mengukur hasil akurasi pengujian. MSE merupakan salah satu contoh *parameter* yang biasa digunakan sebagai indikator untuk mengukur dan membandingkan kemiripan hasil prediksi dan data asli (Aprian, Azhar, & Nastiti, 2020).

### *Batch* dan *Epoch*s

*Epoch* adalah ketika seluruh kumpulan data sudah melalui proses *training* pada *Neural Network* sampai dikembalikan ke awal dalam satu putaran. Dalam *Neural Network* satu *epoch* itu terlalu besar dalam proses pelatihan karena seluruh data diikutkan ke dalam proses *training* sehingga akan membutuhkan waktu cukup lama. Agar mempermudah dan mempercepat proses *training*, biasanya data rate dibagi per *batch* (*Batch* Size).

*Batch* size merupakan jumlah sampel data yang akan disebarkan dalam sebuah *Neural Network*. *Batch* size efisien secara komputasi ketika berhadapan dengan kumpulan data yang besar. Penentuan nilai dari *batch* size biasanya tergantung peneliti dengan melihat banyak sampel (Thohari & Hertantyo, 2018).

### Normalisasi dan Denormalisasi

Dalam rangka meminimalkan *error* perlu dilakukan normalisasi. Normalisasi berfungsi untuk menghindari terjadinya berbagai anomali data dan tidak konsistensinya data. Normalisasi ini juga bertujuan untuk mengubah ukuran data menjadi lebih kecil tanpa harus mengubah data asli. Teknik normalisasi yang digunakan adalah *minmaxscaling*. Teknik ini digunakan untuk mengatasi perbedaan nilai yang cukup besar antar kumpulan data. Cara kerjanya yakni dengan mengubah nilai pada data aktual menjadi nilai dengan skala (0,1) tanpa mengubah informasi yang ada. Teknik normalisasi dengan *minmaxscaling* memiliki persamaan sebagai berikut (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018).

Di mana :

: Data hasil normalisasi

: Data asli

: Nilai minimum dari data *x*

: Nilai maximum dari data *x*

Denormalisasi adalah proses pengembalian data hasil normalisasi ke dalam data asli atau data sebenarnya. Hal tersebut dilakukan guna melihat hasil prediksi dengan cara membandingkan dengan data sebenarnya (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018).

Di mana :

: Hasil *output*

: Nilai dari data normalisasi

: Nilai minimal data actual keseluruhan

: Nilai maksimal data actual keseluruhan

### Interpolasi Linear

Interpolasi linier yang sering disebut sebagai interpolasi adalah kemampuan untuk menduga nilai yang terdapat di antara dua nilai lain yang dinyatakan di dalam grafik garis. Interpolasi linier merupakan salah satu metode untuk mengetahui nilai dari suatu interval dua buah titik yang terletak dalam satu garis lurus (Al Amin, Lusiana, & Hartono, 2018).

Interpolasi linier adalah cara mendapatkan nilai di antara dua data berdasarkan persamaan linier. Untuk dapat melakukannya maka minimal harus diketahui dua buah data (Al Amin, Lusiana, & Hartono, 2018).

Di mana (Al Amin, Lusiana, & Hartono, 2018). :

: Orde data yang akan di interpolasi

: Orde data sebelum data yang akan di interpolasi

: Orde data sesudah data yang akan di interpolasi

: Data hasil interpolasi

: Data orde sebelum data yang akan di interpolasi

: Data orde sesudah data yang akan di interpolasi

## Prediksi / *Forecasting*

Menurut Sucipto & Syaharuddin Prediksi / Peramalan (*forecasting*) adalah kegiatan mengestimasi apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Peramalan diperlukan karena adanya kesenjangan waktu (*timelag*) antara kesadaran dibutuhkannya suatu kebijakan baru dengan waktu pelaksanaan kebijakan tersebut (Sucipto & Syaharuddin, 2018).

Menurut Putro, Furqon, & Wijoyo prediksi merupakan suatu proses untuk meramalkan atau memperkirakan suatu *variabel* di masa yang akan datang. Dalam kasus prediksi biasanya data yang sering digunakan adalah data kuantitatif. Prediksi tidak harus menghasilkan suatu jawaban yang pasti kejadian, melainkan berusaha untuk mencari jawaban yang sedekat mungkin dengan kejadian yang akan terjadi (Putro, Furqon, & Wijoyo, 2018).

Secara umum, ada dua jenis prediksi yaitu kualitatif dan kuantitatif. Prediksi kualitatif merupakan prediksi yang bersifat subjektif, hal ini karena didasarkan pada pengalaman empiris, intuisi pengambilan keputusan dan emosi manusia. Sedangkan, prediksi kuantitatif merupakan prediksi yang bersifat objektif sebab didasarkan pada data aktual dan diolah menggunakan metode tertentu (Surtiningsih, Furqon, & Adinugroho, 2018).

Jenis sesuai yang di jelaskan oleh para ahli sebelumnya prediksi yang digunakan dalam penelitian adalah prediksi kuantitatif. Dikarenakan data yang digunakan adalah data dari masa lalu berupa angka dengan runtutan waktu.

## Penelitian Terdahulu

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Pengarang, Tahun | Metode | Data | Hasil |
| 1 | (Moghar & Hamiche, 2020) | *Long Short-Term Memory* | Dokumentasi saham NYSE  (GOOGL dan NKE) dari *web*site yahoo finance | Setelah melatih NN, hasil pengujian peneliti menunjukkan hasil yang berbeda, jumlah *epoch* serta panjang data memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengujian. Setelah mengamati data peneliti, peneliti dapat melihat bahwa pada awalnya data kurang stabil dan memiliki nilai yang lebih rendah, setelah NKE mulai mengintip nilai yang lebih besar, aset menjadi lebih fluktuatif, maka sifat aset ini beubah. Model peneliti telah kehilangan jejak harga pembukaan sekitar 600 hingga 700 hari pengujian yang sesuai dengan peubahan sifat data. |
| 2 | (Karno, Hastomo, Nisfiani, & Lukman, 2020) | *Long Short-Term Memory* berbasis *Gated Recurrent Units* | Dokumentasi saham bank di Indonesia dari *web*site yahoo finance | Dengan menggunakan paket library seborn di *python*, hasil perhitungan korelasi dapat ditunjukkan di matrik heatmap dalam bentuk numerik dan tingkatan warna. Hasil numerik korelasi berupa bilangan dengan rentang -1 dan 1, di mana nilai 1 menunjukkan hubungan yang kuat, dan nilai 0 menunjukkan hubungan yang rendah antara dua data. Jadi dapat dilihat bahwa RMSE mampu meredam peubahan kesalahan yang besar, sebaliknya MSE mampu melihat peubahan kesalahan yang kecil. GRU berupa sel yang berisi hanya 2 *gate* dengan rangkaian yang lebih sederhana dibandingkan dengan LSTM. |
| 3 | (Boruah & Barman, 2018) | *Long Short-Term Memory* | Identifikasi kalimat pada Novel *Bhanumati* ditulis oleh Assamese  scholar *Padmanath Gohainbaruah* | *Epoch* dengan akurasi maksimum untuk model yang berbeda diberikan. Akurasi rata-rata yang terlihat setelah setiap seribu *epoch* menampilkan kerugian rata-rata setelah setiap seribu *epoch* dari Uji 1, yang memiliki akurasi maksimum di antara model berbeda yang memiliki konfigurasi berbeda. Tetapi untuk bahasa Assam yang ditranskripsi secara fonetis pada peneliti dapat melihat bahwa akurasi rata-rata meningkat ketika peneliti meningkatkan jumlah *neuron* dari 128 menjadi 256 di setiap lapisan. Tetapi peningkatan lebih lanjut dari *neuron* menjadi 512 di setiap lapisan menurunkan akurasi. |
| 4 | (Supriyadi, 2019) | *Long Short-Term Memory* | Observasi sinoptik Stasiun  Meteorologi Maritim Tanjung Priok | Metode *Deep Learning* LSTM digunakan untuk memprediksi *parameter* cuaca, seperti suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan udara. Sedangkan jumlah datanya dibagi dua menjadi *training* data dan test data dengan rasio 9:1.pada bulan Januari 2019. Diperoleh RMSE *parameter* suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan udara nilainya semakin baik ketika menggunakan *Deep Learning* LSTM dengan update dibandingkan LSTM tanpa update. Dari *parameter* cuaca tersebut hanya *parameter* suhu dan kelembaban udara yang mengalami pertambahan RMSE seiring bertambahnya waktu. |
| 5 | (Poornima & Pushpalatha, 2019) | LSTM dengan *Weighted Linear Units* | Dokumentasi kumpulan data *China Meteorological Administration* | Dalam penelitian tersebut menyajikan Metode *Long Short-Term Memory* dengan *Weight*ed Linear *Units* untuk memprediksi curah hujan. *Neural* *Network* dilatih dan diuji menggunakan dataset standar curah hujan. Jaringan yang dilatih akan menghasilkan atribut prediksi curah hujan. *Parameter* yang dipertimbangkan untuk evaluasi kinerja dan efisiensi model prediksi curah hujan yang diusulkan adalah *Root* *Mean* Square *Error*, akurasi, jumlah *epoch*, *loss*, dan *Learning rate*. |
| 6 | (Zahara, Sugianto, & Ilmiddafiq, 2019) | *Long Short-Term Memory* | Dokumentasi secara *online* dari *web*site *Dinas Perdagangan dan Perindustrian Provinsi Jawa Timur* | Pembangunan model prediksi dilakukan di lingkungan cloud computing Amazon *Web service* tipe EC2. IHK prediksi pada bulan Desember 2016 yaitu 133.98, mempunyai nilai prediksi yang paling mendekati nilai IHK aktual yaitu 133.98 Dari hasil pengujian nilai RMSE tiap algoritma optimasi LSTM yang masih tergolong besar, terlihat bahwa metode LSTM belum bisa disebut metode yang maksimal dalam melakukan prediksi IHK. |
| 7 | (Aldi, Jondri, & Aditsania, 2018) | *Long Short-Term Memory* | Dokumentasi dari *web*site *blockchain.info* | Pada penelitian tersebut dibangun model LSTM untuk memprediksi harga Bitcoin dengan pengujian *parameter* komposisi data, jumlah pola *timeseries*, jumlah *hidden* *neuron* dan max *epoch*. Pada pengujian tersebut didapatkan hasil yang terbaik yaitu dengan komposisi data latih 70% dan data uji 30%, *parameter* 1 pola *timeseries*, jumlah  25 *neuron* *hidden*, dan max *epoch* adalah 100 dengan akurasi rata-rata pada data latih 95.36% dan data *testing* 93.5%. |
| 8 | (Putra, Osmond, & Ansori, 2020) | *Long Short-Term Memory* | Dokumentasi data mentah dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Jawa Barat | Ada 4 *parameter* yang akan diuji untuk setiap komoditas, yang terdiri dari Nilai *Epoch*, Nilai Lookback, Jumlah *Hidden* *Layer*, dan Nilai Train *Batch*. Jumlah *hidden* *layer* adalah banyaknya *layer* LSTM pada model, terdapat Single-*Layer* dan Multi-*Layer* di mana Multi-*Layer* sendiri terdiri dari 2 dan 3 *hidden* *layer*. Tujuan pengujian prediksi di sini yaitu untuk menguji tingkat akurasi dan kecocokan model LSTM dalam memprediksi harga masa depan dengan menggunakan konfigurasi dari hasil pada pengujian model. |
| 9 | (Ghosh, Bose, Maji, Debnath, & Sen, 2019) | *Long Short-Term Memory* | Dokumentasi dari *web*site resmi *Bombay Stock Exchange* | Dalam penelitian tersebut, peneliti menganalisis pertumbuhan perusahaan dari berbagai sektor dan mencoba mencari tahu yang merupakan rentang waktu terbaik untuk memprediksi harga saham di masa depan. Prediksi bisa lebih akurat jika model akan berlatih dengan jumlah data yang lebih banyak mengatur. Kerangka kerja ini secara luas membantu dalam analisis pasar dan prediksi pertumbuhan perusahaan yang berbeda dalam rentang waktu yang berbeda. |
| 10 | (Rizki, Basuki, & Azhar, 2020) | *Long Short-Term Memory* | Dokumentasi dari *web*site BMKG | Aplikasi berhasil memproses prediksi curah hujan kota Malang dengan *parameter* curah hujan. Jumlah *neuron* *hidden* *layer* dengan hasil paling optimal yaitu dengan 256 *neuron* *hidden* *layer*. Jumlah *epoch* dengan hasil paling optimal yaitu 150 *epoch*. Komposisi Data Train dan Data Test dengan hasil yang paling optimal yaitu dengan komposisi data train 50% dan data test 50%. Hal ini karena komposisi data train 50% dan data test 50% memiliki tingkat *error* yang paling rendah yaitu pada data train sebesar 12.079 dan pada data test sebesar 11.288. |

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan dalam suatu penelitian berupa rangkaian grafik yang menggambarkan alur proses penelitian proyeksi curah hujan daerah padang Pariaman menggunakan *Deep Learning* dengan metode *Long Short-Term Memory*, sehingga langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti dalam perancangan ini tidak melenceng dari pokok bahasan dan lebih mudah dipahami, yang diilustrasikan seperti pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian

## Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan penelitian. Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari penelitian pendahuluan, pengumpulan data, analisa, perancangan, implementasi, pengujian yang dijelaskan sebagai berikut :

### Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan merupakan proses melakukan pendekatan terhadap objek penelitian. Tujuan dari Penelitian pendahuluan tak lain dapat memberikan solusi terhadap masalah yang di identifikasi. Permasalahan pada proyeksi curah hujan khusus daerah padang Pariaman masih belum pernah di lakukan sama sekali. Oleh karena itu dilakukanlah sebuah penelitian yang nantinya dapat membantu *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* dalam melakukan prediksi curah hujan di daerah padang Pariaman. Penelitian ini nantinya memerikan alternatif lain dalam melakukan prediksi curah hujan di daerah padang Pariaman dengan menggunakan metode *Long Short-Term Memory*.

### Pengumpulan Data

Dalam Penelitian ini semua data bersumber dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* dari tahun 1985-2021, dan beberapa pencarian referensi seperti buku-buku, karya-karya ilmiah maupun jurnal, baik yang ada di perpustakaan maupun yang ada di internet yang berhubungan dengan penelitian. Data juga didapat dari studi lapangan dengan melakukan wawancara secara langsung.

#### Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dengan merekap data-data pengamatan unsur-unsur cuaca yang dilakukan oleh *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* secara umum yang di lakukan dari bulan November sampai dengan selesai.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Kegiatan** | **Bulan Ke** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1** | | **2** | | **3** | | **4** | | **5** | | **6** | | **7** | | **8** | | **9** | |
| 1 | Penelitian Pendahuluan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Pengumpulan Data |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Analisa |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Perancangan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Implementasi Sistem |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Pengujian Sistem |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Pembuatan Laporan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

#### Tempat Penelitian

Objek Penelitian di lakukan di *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* yang beralamat di Jalan Raya Padang – Bukittinggi KM. 51 Kapalo Hilalang Sumatera Barat.

#### Metode Penelitian

Metode pada Penelitian ini terdiri dari penelitian perpustakaan, wawancara, penelitian laboratorium. Dengan penjelasan yang di uraikan sebagai berikut :

##### Penelitian Perpustakaan (Library Research)

Pada tahap ini peneliti melakukan studi literatur dengan membaca buku, jurnal, makalah dan laporan penelitian yang terkait dengan topik Penelitian. Tujuannya adalah untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan Penelitian terhadap proyeksi curah hujan.

##### Wawancara (Interview)

Pada tahap ini peneliti dan narasumber berhadapan langsung untuk mendapatkan informasi secara lisan dengan tujuan mendapatkan data yang dapat menjelaskan permasalahan yang berhubungan dengan penelitian. Wawancara dilakukan dengan supervisor di *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* terkait dengan permasalahan untuk proses menganalisis masalah, menentukan informasi yang di butuhkah oleh peneliti, seperti pengambilan data, dan lain-lain.

##### Penelitian Laboratorium (Laboratorium Reaserch)

Penelitian laboratorium adalah metode penelitian yang di lakukan menggunakan laptop/personal computer (PC). Alat bantu tersebut di gunakan untuk mempraktikkan sekaligus menguji keakuratan metode yang di gunakan.

Adapun Spesifikasi *Hardware* dan *Software* yang di gunakan dalam melakukan penelitian laboratorium ini adalah sebagai berikut :

###### Perangkat Keras (Hardware)

1. Laptop ASUS Model A445LAB
2. CPU Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz (4 CPUs)
3. *Memory* RAM 12GB
4. Partisi Penyimpanan Samsung SSD 870 EVO 250GB
5. GPU Intel(R) HD Graphics 5500

###### Perangkat Lunak (Software)

1. Sistem Operasi *Windows* 11 Pro 64bit (Build 22000.778)
2. Microsoft Office 365 (64-bit)
3. Google Chrome (64-bit)
4. Visual Studio Code (64-bit)
5. Bahasa Pemrograman *Python* v.3.9.0 (64-bit)
6. MySQL Ver 8.0.27 (64-bit)
7. StarUML Version 4.0.1 (64-bit)
8. Adobe XD 2021 (64-bit)

### Analisa

Analisa dalam penelitian adalah penjabaran dari suatu masalah dari objek yang di teliti yang akhirnya menghasilkan suatu kesimpulan, dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi masalah dalam memprediksi curah hujan berdasarkan data harian klimatologi Dalam proses analisa terdapat tiga tahapan analisa yang harus dilakukan yakni tahapan analisa data, analisa proses dan analisa sistem dengan penjelasan sebagai berikut :

#### Analisa Data

Analisis data adalah sebuah proses untuk memeriksa, membersihkan, mengubah, dan membuat pemodelan data dengan maksud untuk menemukan informasi yang bermanfaat sehingga dapat memberikan petunjuk bagi peneliti untuk mengambil keputusan terhadap pertanyaan-pertanyaan penelitian. Data dalam Penelitian ini di dapat langsung dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman.*

#### Analisa Proses

Pada tahap analisa proses ini, peneliti melakukan analisa tentang bagaimana proses pemecahan masalah yang di terapkan dan di tentukan sehingga penelitian dapat menghasilkan solusi yang tepat, mulai dari menganalisis masalah, mendokumentasikan, menggunakan metode yang tepat, dan hasil akhir penelitian dalam *form*at representasi yang bervariasi dan dapat di mengerti. Dengan begitu di harapkan dapat menjadi solusi yang tepat untuk memecahkan permasalahan proyeksi curah hujan di daerah Padang Pariaman.

#### Analisa Sistem

Selanjutnya pada tahap analisis sistem ini merupakan tahapan yang sangat kritis dan sangat penting, di karenakan kesalahan pada tahapan analisis sistem menyebabkan juga kesalahan ditahap selanjutnya. Tahap analisis sistem merupakan dasar dalam merancang dan merencanakan sistem yang dibuat, analisa sistem dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan oleh sistem. Analisa sistem dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis keperluan sesuai sistem yang di kembangkan. Agar sistem yang di kembangkan dapat terorganisir dengan baik.

### Perancangan

Perancangan arsitektur sistem diperlukan agar setiap sistem yang dibangun memiliki konstruksi yang baik, proses pengolahan data yang tepat dan akurat, memiliki nilai, dan memberikan dasar-dasar untuk pengembangan selanjutnya.

#### Perancangan Model

Tahapan perancangan ini, peneliti menggunakan *Unified Modeling Language (UML)* sebagai alat dalam menjelaskan alur perancangan yang dibuat. Tahapan perancangan bertujuan untuk membuat sistem yang dirancang t*error*ganisasi dan terstruktur dengan rancangan sesuai dengan tujuannya, sehingga tidak melenceng dari tujuan Penelitian.

##### Use case Diagram

*Use case Diagram* mendeskripsikan tipe interaksi antara pengguna sistem dengan sistemnya untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sistem dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi tersebut.

##### Class Diagram

*Class diagram* merupakan suatu diagram yang digunakan untuk menampilkan kelas-kelas berupa paket untuk memenuhi salah satu kebutuhan yang di gunakan nantinya, dan juga memperlihatkan aturan-aturan dan tanggung jawab entitas yang menentukan perilaku dari sistem.

##### Sequence Diagram

*Sequence* Diagram menjelaskan urutan-urutan kejadian yang terjadi di dalam sistem, serta untuk menggambarkan interaksi antara keseluruhan objek di dalam dan interaksi objek yang disusun dalam sistem berdasarkan urutan waktu dalam bentuk gambaran tahap demi tahap yang seharusnya dilakukan.

##### Statechart Diagram

*Statechart Diagram* digunakan untuk menggambarkan peubahan status yang terjadi dengan menggambarkan transisi serta peubahan pada suatu objek pada sistem selama sistem dijalankan sampai dengan selesai.

##### Activity Diagram

*Activity Diagram* merupakan sebuah diagram yang dapat memodelkan berbagai proses yang tejadi pada sistem yang berfokus pada aktivitas yang terjadi yang terkait dalam suatu proses tunggal. Dengan kata lain, diagram ini menunjukkan bagaimana aktivitas yang di lakukan oleh pengguna.

##### Collaboration Diagram

*Collaboration* diagram dikenal dengan beberapa nama, seperti communication diagram dan *Interaction* diagram, yang mana penggambaran interaksi dan hubungan antara objek dalam sistem.

##### Deployment Diagram

*Deployment* diagram adalah diagram yang digunakan memetakan *software* ke processing node. Menunjukkan konfigurasi elemen pemroses pada saat runtime dan *software* yang ada di dalamnya, dan digunakan untuk menggambarkan detail bagaimana komponen disusun di infrastruktur sistem.

#### Perancangan *Interface*

*Interface* merupakan mekanisme komunikasi antara pengguna dengan sistem. Meliputi tampilan layar yang menyediakan navigasi di dalam sistem, layar dan *form*ulir untuk menangkap data, dan laporan yang dihasilkan oleh sistem.

Perancangan *interface* dibuat untuk memberikan penjelasan tentang tampilan yang dihadapkan pada pengguna saat menggunakan sistem untuk membantu mengarahkan alur penelitian masalah sampai ditemukan suatu solusi.

### Implementasi

Implementasi sistem merupakan tahap meletakkan sistem sehingga siap untuk dioperasikan. Implementasi bertujuan untuk mengkonfirmasi modul-modul perancangan, sehingga pengguna dapat memberi masukan kepada pengembangan sistem.

Untuk mengimplementasikan sistem yang telah dirancang, maka diperlukan sebuah alat bantu komputer untuk mengoperasikan komputer itu sendiri yang memerlukan tiga buah komponen pendukung seperti *Hardware*, *Software*, dan *Brainware*.

#### Perangkat Keras (*Hardware*)

*Hardware* yang digunakan untuk merancang atau menjalankan program sistem yang telah dibuat dalam satu *unit* komputer yang lengkap dengan CPU, harddisk sebagai media penyimpanan data.

#### Perangkat Lunak (*Software*)

Untuk menjalankan program sistem yang dirancang harus menggunakan beberapa *software* pendukung.

#### Manusia (*Brainware*)

*Brainware* merupakan *operator* yang berfungsi untuk mengoperasikan atau menjalankan program sistem.

### Pengujian

Pengujian sistem merupakan tahap melakukan *testing* untuk mengetahui kesalahan dalam Sistem. Pengujian terhadap sistem dilakukan untuk dapat mengetahui Sistem yang dirancang telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga memudahkan *admin* mengetahui informasi terkini dari sistem, dan kemudian mengambil tindakan selanjutnya jika dibutuhkan.

#### Pengujian Lokal

Pengujian Lokal atau LAN, yaitu pengujian yang dilakukan melalui akses jaringan komputer dengan sistem *Local Area Network*, dengan cara menghubungkan komputer *server* ke komputer *client* dengan media kabel, yang terlebih dahulu dilakukan configurasi *IP Address* pada komputer *server* dan komputer *client*. Sehingga *client* dapat mengakses data pada komputer *server*, sedangkan pada komputer *server* menyediakan informasi yang dibutuhkan oleh *client*.

#### Pengujian *Online*

Pembuatan program ini nantinya bisa diakses secara *online* dengan di hosting di tempat penyedia *web service*. Selanjutnya melakukan konfigurasi *database* agar terhubung ke *web* *server*. Setelah semua proses dilakukan maka *web*site bisa diakses oleh *admin* yang ingin menggunakan sistem ini.

#### Pengujian Aplikasi

Pengujian Aplikasi dengan menggunakan *Black* *Box*, yaitu pengujian yang dilakukan hanya mengamati hasil eksekusi melalui data uji dan memeriksa fungsional dari perangkat lunak bahwa aplikasi yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan yang mendasari perancangan aplikasi tersebut dan berjalan sesuai dengan diharapkan.

#### Pengujian *Interface*

Pengujian Antarmuka/*Interface*, yaitu pengujian yang dilakukan untuk melihat bagaimana tampilan akhir dari sistem yang telah dirancang dengan pengamatan secara langsung oleh pengguna interaksi secara langsung dengan model *interface* yang disajikan dalam bentuk prototipe. Proses ini dilakukan agar kesalahan dapat terdeteksi dan di ubah secara cepat.

### Hasil Pembahasan

Hasil pembahasan merupakan hasil observasi atau penelitian. Hasil pembahasan merupakan isi dari suatu bagian penting dari suatu penelitian. Hasil pembahasan memiliki sifat objektif atau subjektif. Hasil pembahasan dapat dijelaskan sebagai hasil interpretasi dari hasil penelitian yang telah dianalisis guna menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian.

Penyajian hasil pembahasan dapat dilakukan secara deskriptif, dengan menggunakan tabulasi, tabel atau grafik, atau dengan menggunakan kombinasi dua atau ketiganya sekaligus. Untuk penelitian ini, hasil pembahasan dijelaskan melalui tabel maupun grafik statistik.

# BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN

## Analisa

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka diperlukan suatu proses penganalisan dengan tujuan untuk memberikan hasil yang akurat berdasarkan informasi maupun data yang sudah peneliti dapatkan untuk di terapkan pada perancangan.

### Analisa Data

Analisa Data adalah tahap rentan dalam mengembangkan sebuah sistem yang padu. Di mana analisa data merupakan tahap awal agar sistem yang di rancang memiliki gambaran sesuai pola data yang terbentuk

Data dalam Penelitian ini data di dapat langsung dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman*, data yang di gunakan merupakan data harian dari tanggal *1 January 1985* sampai *31 Desember 2021* data tersebut terdiri dari beberapa fitur / *variabel* seperti yang terlihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Fitur Data Klimatologi BMKG Padang Pariaman

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kode** | **Keterangan** | **Satuan** |
|  | Temperatur minimum |  |
|  | Temperatur maksimum |  |
|  | Temperatur rata-rata |  |
|  | Kelembapan rata-rata |  |
|  | Curah hujan |  |
|  | Lamanya penyinaran matahari |  |
|  | Kecepatan angin maksimum |  |
|  | Arah angin saat kecepatan maksimum |  |
|  | Kecepatan angin rata-rata |  |
|  | Arah angin terbanyak |  |

Sesuai Data Klimatologi yang di tampilkan pada Tabel 4.1 di mana setiap fitur *variabel* pada data tersebut merupakan *variabel* in-dependen. Tidak semua fitur data pada Tabel 4.1di gunakan pada Penelitian ini, dan peneliti hanya menyertakan fitur *.*

Tabel 4.2. Data *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tanggal** | ***RR*** | **Tn** | **Tx** | ***Tavg*** | ***RH\_avg*** | **ss** | **ff\_x** | **ddd\_x** | ***ff\_avg*** | **ddd\_car** |
| 01-01-1985 | 0 |  |  | 26,5 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | N |
| … | … | … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| 13-06-2020 | 2 | 22,8 | 9999 | 25,5 | 90 | 1,9 | 1 | 120 | 0 | C |
| … | … | … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| 10-07-2020 | 0,4 | 23 | 32,2 | 26,8 | 85 | 1 | 4 | 100 | 1 | C |
| 11-07-2020 | 8888 | 22 | 32,6 | 25 | 91 | 3 | 3 | 210 | 1 | C |
| 12-07-2020 | 15 | 22 | 31,2 | 25,2 | 88 | 6,3 | 6 | 250 | 1 | C |
| … | … | … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| 31-12-2021 | 24,9 | 24,1 | 29,6 | 25,2 | 94 | 4,8 | 2 | 30 | 1 | C |

Pada Tabel 4.2Data Klimatologi pada Tanggal *11-07-2020*, data yang bernilai *8888* berarti data tidak diukur, dan Data Klimatologi pada Tanggal *13-06-2020* yang bernilai *9999* berarti tidak ada data (tidak dilakukan pengukuran). Nilai tersebut dianggap nilai yang hilang *NaN*.

#### *Preprocessing* Data

Dalam Penelitian ini di lakukan *preprocessing* data dengan data yang di gunakan memiliki beberapa nilai yang hilang *missing values* dan juga data bernilai *NaN* dari data yang di teliti. Nilai-nilai yang hilang / *NaN* tersebut ini muncul dari banyak faktor yang berada di luar kendali staf *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman*. di mana nantinya peneliti melakukan cara penanganan dengan beberapa cara sebagai berikut :

##### Interpolate NaN

*Interpolate NaN* merupakan Teknik *preprocessing* data yang *NaN* atau missing values dengan dengan melakukan interpolasi linear pada data dengan nilai yang hilang / *NaN*, dan data tidak hilang melainkan data di isi dari nilai rentang nilai sebelum dan sesudahnya. Sebagai contoh peneliti mencoba menghitung missing value dari tanggal *14-06-2020* sebagai berikut.

Hasil akhir terlihat seperti yang di jabarkan pada Tabel 4.3 dari tanggal *12-06-2020 - 17-06-2020* sebagai berikut.

Tabel 4.3. Data Klimatologi Sebelum dan Sesudah di Interpolate NaN

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tanggal** | **RR** |  | **Tanggal** | **RR** |
| … | … |  | … | … |
| 12-06-2020 | 0.0 |  | 12-06-2020 | 0.0 |
| 13-06-2020 | 2.0 |  | 13-06-2020 | 2.0 |
| 14-06-2020 | NaN |  | 14-06-2020 | 9.0 |
| 15-06-2020 | NaN |  | 15-06-2020 | 16.0 |
| 16-06-2020 | NaN |  | 16-06-2020 | 23.0 |
| 17-06-2020 | 30.0 |  | 17-06-2020 | 30.0 |
| … | … |  | … | … |

Seperti yang terlihat pada Tabel 4.3 baris data tanggal *14-06-2020 - 16-06-2020* dimana nilai *NaN* di gantikan dengan nilai rentang dari nilai sebelum dan sesudahnya berasarkan kedudukan nilai yang di interpolasi dan nilai rentang terdekat.

##### Normalisasi MinMaxScaller

Sebelum data di processing ada baiknya data di normalisasi terlebih dahulu. di mana data yang di proses memiliki nilai rentang yang sama, tidak ada yang terlalu besar maupun terlalu kecil untuk setiap fitur data yang termasuk. Normalisasi data ini berguna agar proses analisis statistik pada data menjadi lebih mudah.

Normalisasi data yang di gunakan adalah normalisasi data *minmax* scaller, *Minmaxscaling* bekerja dengan scaling data dalam rentang tertentu (range nilai minimum hingga nilai maksimum), mengubah data berada pada rentang nilai 0 sampai 1. Sebagai contoh peneliti mencoba menormalisasi nilai dari tanggal *14-06-2020* sebagai berikut.

Hasil akhir terlihat seperti yang di jabarkan pada Tabel 4.3 dari tanggal *12-06-2020 - 17-06-2020* sebagai berikut.

Tabel 4.4. Data Klimatologi Sebelum dan Sesudah di MinMaxScaller

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tanggal** | **RR** |  | **Tanggal** | **RR** |
| … | … |  | … | … |
| 12-06-2020 | 0.0 |  | 12-06-2020 | 0.0000 |
| 13-06-2020 | 2.0 |  | 13-06-2020 | 0.0667 |
| 14-06-2020 | 9.0 |  | 14-06-2020 | 0.3000 |
| 15-06-2020 | 16.0 |  | 15-06-2020 | 0.5333 |
| 16-06-2020 | 23.0 |  | 16-06-2020 | 0.7667 |
| 17-06-2020 | 30.0 |  | 17-06-2020 | 1.0000 |
| … | … |  | … | … |

Berdasarkan pada Tabel 4.4 semua nilai dari kolom *RR* di normalisasi dengan rentang nilai 0 – 1 berdasarkan nilai sebelumnya yang berkorelasi dengan nilai tertinggi dan terendah dari semua baris data yang di sertakan dalam perhitungan minmaxscaler.

#### Pembagian Data *Training* dan *Testing*

Pembagian data *training* di lakukan agar meningkatkan kinerja dari LSTM terhadap data *testing*. Data *training* digunakan untuk proses pelatihan model dengan metode LSTM sehingga terbentuk suatu model yang diuji per*form*ansinya terhadap data *testing*. Pembagian data yang digunakan yaitu 90% data *training* dan 10% data *testing*. Jumlah data *training* lebih besar dikarenakan agar mesin pembelajaran lebih terlatih untuk mempelajari model. Sehingga model yang dihasilkan dapat memberikan peramalan data *testing* yang lebih optimal.

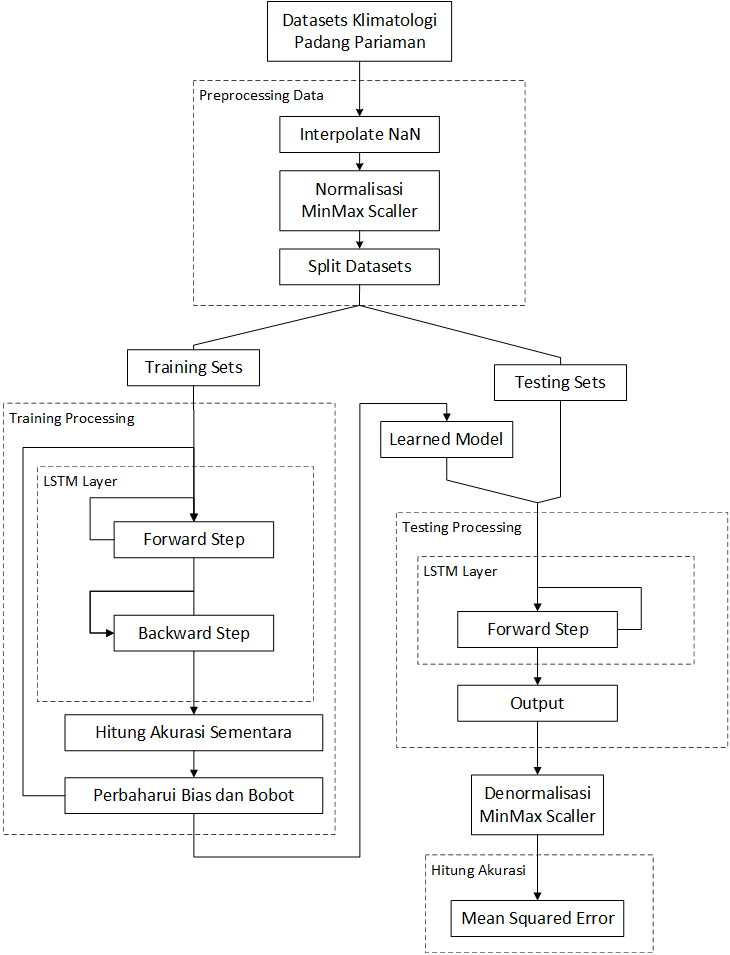


Gambar 4.1. Skala Pembagian Data *Training* dan Data *Testing*

Pembagian data latih dan data uji seperti yang telihat pada Gambar 4.1 bertujuan agar pembelajaran dapat belajar dari pola yang telah didapatkan dari hasil proses pelatihan yang diimplementasikan dalam pengujian data. Proses pelatihan dan pengujian menggunakan metode LSTM terus dilakukan hingga didapatkan model yang optimal.

### Analisa Proses

Analisis proses dilakukan untuk mengetahui cara pemecahan masalah sehingga dapat menghasilkan solusi dengan menggunakan metode yang tepat, melalui proses yang kooperatif dan interaktif mulai dari menganalisis masalah, mengidentifikasi masalah, hasil akhir pengamatan dalam berbagai *form*at representasi, hingga memeriksa ketepatan pemahaman yang diperoleh. Berikut merupakan flowchart dari langkah Analisa proses :



Gambar 4.2. Analisa Proses

Pada Gambar 4.2 terdapat 4 proses utama yaitu terdiri dari *preprocessing* data, *training* processing, *testing* processing, dan hitung akurasi, masing-masing proses harus di lakukan secara bertahap untuk mencapai tujuan penelitian dan mengetahui per*form*ansi dari arsitektur yang di rancang terhadap dataset yang di kumpulkan. Untuk penjelasan lebih detail berikut adalah Penjelasan Blok Diagram dari Gambar 4.2 yang terlihat seperti pada Tabel 4.5 di bawah ini :

Tabel 4.5. Penjelasan Blok Diagram Analisa Proses

|  |  |
| --- | --- |
| **Blok Diagram** | **Penjelasan** |
|  | Kumpulan data / datasets yang di ambil dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* |
|  | Data yang telah masuk di proses pada tahap *preprocessing*. Tahapan ini dilakukakan agar data yang dimiliki bersih dari NaN value. Penjelasan lengkap dapat di lihat pada *Preprocessing* Data di atas. Untuk normalisasi data di skalakan dengan interval 0-1. |
|  | Hasil *preprocessing* data menghasilkan data yang bersih. Data bersih ini dibagi mejadi dua bagian yang itu data pelatihan (*training*) dan data pengujian (*testing*). |
|  | Pada *training* processing terdapat jaringan LSTM dimana proses *training* menggunakan 2 tahap, yaitu:   1. *Forward* Step: proses dimana *output* value dari sebuah *Neural* *Network* di dapatkan sesudah *input* values dari *input*-*neuron* telah di selesai di proses. Proses ini di panggil *forward* karena proses kalkulasinya mulai dari *input* *Neural* *Network* ke *output*. 2. *Backward* Step: proses dimana *weight*s *Neural* *Network* di kalkulasi kan mengunakan algoritme seperti *gradient*-descent. Proses ini di panggil *backward* karena proses kalkulasinya mulai dari *output* *Neural* *Network* ke *input*.   Setelah proses *training* selesai dalam LSTM *Layer*, nilai akurasi sementara di hitung dengan menggunakan rumus MSE, dan juga *parameter* *bias* dan *weight* di perbaharui dan di gunakan pada iterasi dan *epoch* berikutnya. |
|  | *Learned model* adalah nilai optimal *weight* dan *bias* dari proses *training* sebanyak *epoch* yang telah di tentukan yang digunakan untuk melakukan proses pengujian. |
|  | Hasil optimal dari *weight* dan *bias* dari *learned model* di gunakan untuk melakukan pengujian dari data *testing* yang berupa *input* dan *label*. Pada *testing* processing terdapat jaringan LSTM dengan proses *testing* *forward* step sebanyak data yang di *testing*. Hasil *Output* merupakan keluaran dan hasil pengujian dari jaringan LSTM. |
|  | Hasil dari normalisasi dengan interval keluaran 0-1 perlu di lakukan denormalisasi Kembali agar nilai yang terlihat Tambah seperti nyata Kembali. |
|  | Pada tahapan ini dilihat nilai *Root* *Mean* *Squared* *Error* pada masing masing pengujian yang dilakukan. Dimana hasil nilai *error* dari MSE menjadi acuan ketepatan prediksi. |

Seperti yang terlihat pada Tabel 4.5setelah dilakukan Analisa data, selanjutnya data yang telah melewati tahap *preprocessing* bisa memasuki tahap processing yang mana perlu di persiapkan beberapa kriteria depensi seperti berikut :

1. Memisahkan kumpulan data menjadi 2 bagian yaitu *train set* dan *test set* 90% untuk data *training* 10% untuk data *testing.*
2. Pada pemodelan *Long Short-Term Memory* *input* data berupa tensor 3D berupa (*ukuran batch, jumlah features, dan timestep/sequence*).
3. Algortima *training* untuk model LSTM di gunakan algoritma pembelajaran *backpropagation*, di mana model pemrosesan berurutan yang terdiri dari dua step, step satu mengambil *input* dalam arah maju (*forward* direction), *input* step kedua ke arah mundur (*backward* direction).
4. Di tentukan nilai *Epoch* sebanyak 30 yang nantinya bisa di ubah sesuai keinginnan *admin*.
5. Di tentukan nilai *batch* size sebanyak 64 yang nantinya bisa di ubah sesuai keinginnan *admin*.
6. Di tentukan nilai *unit* *cell* LSTM manjadi 1 yang nantinya bisa di ubah sesuai keinginnan *admin*.
7. Di tentukan nilai *sequence* length / jumlah *timestep* dari data yang di gunakan.
8. Di tentukan nilai *Learning rate* di set nilai awalan 0.01 yang nantinya bisa di ubah sesuai keinginnan *admin*.
9. Di tentukan nilai probabilitas *dropout* di set nilai awalan 0.1 yang nantinya bisa di ubah sesuai keinginnan *admin*, pengecualian apabila jumlah *unit* *cell* LSTM hanya 1 maka nilai probabilitas *dropout* 0.
10. Fungsi optimasi yang di gunakan adalah *Stochastic Gradient Descent* (SGD).
11. Nilai kesalahan / *error* value dari peramalan digunakan *loss* *Function* MSE, dan MSE.

#### Proses *Training* Model

Pada tahap *training* model LSTM dilakukan secara *backpropagation* sesuai data yang di gunakan. Berikut beberapa tahapan dalam proses *training* model LSTM dengan *backpropagation* sebagai berikut :

1. Menginisialisasi nilai *epoch*, *batch*, *timestep*/*sequence*, *feature*s, *dropout*, *units*, dan *Learning rate* yang nantinya nilai hyperparamater yang dibutuhkan seperti nilai *weight* awal, *hidden* *layer* (lapisan tersembunyi) secara otomatis di tentukan oleh sistem.
2. *Input* data *training* berbentuk tensor 3D.
3. Melakukan *training* model LSTM pada setiap *input* yaitu dimulai dengan *forget gates*, *input gates*, *cell states* dan yang terakhir *output gates*.
4. Perhitungan MSE untuk mendapatkan nilai selisih antara nilai hasil jaringan LSTM dengan *output* sebenarnya.
5. Perhitungan gradien untuk menentukan nilai *weight* dan *bias* supaya hasil *loss*/*error* mendekati 0 dengan menggunakan algoritma *backpropagation*.
6. Setelah mendapatkan nilai gradien, maka dilanjutkan dengan persamaan fungsi optimasi *Stochastic Gradient Descent* (SGD) dan update kembali nilai *weight* dan *bias*.
7. Jika seluruh *batch* data telah selesai di iterasi Kembali ke Langkah 2 hingga jumlah *epoch* yang telah ditentukan.

Berdasarkan Langkah-langkah *training* di atas, Pembentukan model LSTM diawali dengan model dibentuk dengan data dilatih dengan melewati mekanisme *Gate*s pada LSTM. Data dilatih terus hingga mencapai batas *error* yang sesuai jumlah *epoch* yang diinginkan dengan penentuan serta peubahan *hyperparameter* yang digunakan.

#### Proses *Testing* Model

Ketika pembelajaran sudah mencapai target sesuai nilai *epoch* yang di *input*kan, proses iterasi berhenti dan berikutnya model diuji dengan data pengujian.

Pada proses ini memuatkan kembali *learned model* yang sudah dihasilkan pada proses *training* sebelumnya dan menghitung hasil keluaran berdasarkan nilai *bias* dan *weight* yang diberikan pada saat proses *training* yang sudah ada di dalam *learned model*. Kemudian dibandingkan dengan data yang dihasilkan dengan metode LSTM pada rentang waktu yang ditentukan dengan metode akurasi yang digunakan menggunakan MSE.

#### Perhitungan Manual LSTM

Sebelum perancangan sistem dilakukan, peneliti melakukan analisis deskriptif untuk perancangan sistem dari Metode LSTM dengan perhitungan manual/numerik pada data Sebagian data yang di dapat langsung dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman.* Berikut contoh perhitungan manual jaringan LSTM.

##### Inisialisasi Hyperparameter

Untuk melakukan perhitungan LSTM di perlukan menginisialisasi beberapa nilai *hyperparameter* yang perlu di tentukan sebelum tahap *training* data di lakukan seperti yang terlihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Nilai Inisialisasi *Hyperparameter*

|  |  |
| --- | --- |
| ***Hyperparameter*** | **Nilai** |
| Jumlah *Epoch* | 50 |
| Ukuran *Batch* | 1 |
| Panjang *Timestep/Sequence* | 2 |
| *Features* | rr |
| Jumlah *Units* LSTM | 1 |
| Jumlah *Hidden Layer* | 1 |
| *Learning rate* | 0.1 |
| Probabilitas *Dropout* | 0 |

Berdasarkan fungsi optimizer untuk perbaharuan *weight* dan *bias* yang di gunakan adalah *Stochastic Gradient Descent* (SGD), maka perhabaruan *weight* dan *bias* di lakukan setiap proses *timestep* selesai, maka dari itu ukuran *batch* optimal adalah tidak lebih dari 1 seperti yang telihat pada Tabel 4.6 di atas.

##### Data Selection dan Preprocessing

Untuk data yang di gunakan sebanyak 60 baris data dengan *feature* Data Klimatologi yang di gunakan dalam perhitungan manual ini terbatas hanya menggunakan *feature (rr)* curah hujan, dimulai dari rentang waktu *16 Oktober 2004*sampai *14 Desember 2004*, *input* data *training* berbentuk tensor 3D di antaranya terdisi dari ukuran *batch* dimana hanya 1 *timestep*, jumlah *feature*s juga hanya 1 yaitu *feature* *(rr)* curah hujan, dan panjang *timestep*/*sequence* dengan panjang 2 baris data menjadi *input* dan , seperti yang terlihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7. Data Yang di Gunakan Dalam Perhitungan Manual LSTM

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Tanggal** | **rr** | **(rr) MinMaxScale** | ***Input*** | | **y (*label*)** |
|  |  |
| **1** | 16 Oktober 2004 | 0.5 | 0.0052 | 0.0052 | 0.0206 | 1.0000 |
| **2** | 17 Oktober 2004 | 2 | 0.0206 | 0.0206 | 1.0000 | 0.5258 |
| **3** | 18 Oktober 2004 | 97 | 1.0000 | 1.0000 | 0.5258 | 0.6206 |
| **4** | 19 Oktober 2004 | 51 | 0.5258 | 0.5258 | 0.6206 | 0.2371 |
| **5** | 20 Oktober 2004 | 60.2 | 0.6206 | 0.6206 | 0.2371 | 0.1031 |
| **6** | 21 Oktober 2004 | 23 | 0.2371 | 0.2371 | 0.1031 | 0.1753 |
| **7** | 22 Oktober 2004 | 10 | 0.1031 | 0.1031 | 0.1753 | 0.0206 |
| **8** | 23 Oktober 2004 | 17 | 0.1753 | 0.1753 | 0.0206 | 0.0010 |
| **9** | 24 Oktober 2004 | 2 | 0.0206 | 0.0206 | 0.0010 | 0.1546 |
| **10** | 25 Oktober 2004 | 0.1 | 0.0010 | 0.0010 | 0.1546 | 0.0897 |
| **11** | 26 Oktober 2004 | 15 | 0.1546 | 0.1546 | 0.0897 | 0.2773 |
| **12** | 27 Oktober 2004 | 8.7 | 0.0897 | 0.0897 | 0.2773 | 0.1526 |
| **13** | 28 Oktober 2004 | 26.9 | 0.2773 | 0.2773 | 0.1526 | 0.4402 |
| **14** | 29 Oktober 2004 | 14.8 | 0.1526 | 0.1526 | 0.4402 | 0.1392 |
| **15** | 30 Oktober 2004 | 42.7 | 0.4402 | 0.4402 | 0.1392 | 0.0670 |
| **16** | 31 Oktober 2004 | 13.5 | 0.1392 | 0.1392 | 0.0670 | 0.1753 |
| **17** | 01 November 2004 | 6.5 | 0.0670 | 0.0670 | 0.1753 | 0.1897 |
| **18** | 02 November 2004 | 17 | 0.1753 | 0.1753 | 0.1897 | 0.2598 |
| **19** | 03 November 2004 | 18.4 | 0.1897 | 0.1897 | 0.2598 | 0.2959 |
| **20** | 04 November 2004 | 25.2 | 0.2598 | 0.2598 | 0.2959 | 0.2577 |
| **21** | 05 November 2004 | 28.7 | 0.2959 | 0.2959 | 0.2577 | 0.0103 |
| **22** | 06 November 2004 | 25 | 0.2577 | 0.2577 | 0.0103 | 0.1619 |
| **23** | 07 November 2004 | 1 | 0.0103 | 0.0103 | 0.1619 | 0.1959 |
| **24** | 08 November 2004 | 15.7 | 0.1619 | 0.1619 | 0.1959 | 0.0412 |
| **25** | 09 November 2004 | 19 | 0.1959 | 0.1959 | 0.0412 | 0.7021 |
| **26** | 10 November 2004 | 4 | 0.0412 | 0.0412 | 0.7021 | 0.0639 |
| **27** | 11 November 2004 | 68.1 | 0.7021 | 0.7021 | 0.0639 | 0.3093 |
| **28** | 12 November 2004 | 6.2 | 0.0639 | 0.0639 | 0.3093 | 0.6495 |
| **29** | 13 November 2004 | 30 | 0.3093 | 0.3093 | 0.6495 | 0.2268 |
| **30** | 14 November 2004 | 63 | 0.6495 | 0.6495 | 0.2268 | 0.5495 |
| **31** | 15 November 2004 | 22 | 0.2268 | 0.2268 | 0.5495 | 0.0320 |
| **32** | 16 November 2004 | 53.3 | 0.5495 | 0.5495 | 0.0320 | 0.0062 |
| **33** | 17 November 2004 | 3.1 | 0.0320 | 0.0320 | 0.0062 | 0.0031 |
| **34** | 18 November 2004 | 0.6 | 0.0062 | 0.0062 | 0.0031 | 0.0258 |
| **35** | 19 November 2004 | 0.3 | 0.0031 | 0.0031 | 0.0258 | 0.1299 |
| **36** | 20 November 2004 | 2.5 | 0.0258 | 0.0258 | 0.1299 | 0.8557 |
| **37** | 21 November 2004 | 12.6 | 0.1299 | 0.1299 | 0.8557 | 0.0103 |
| **38** | 22 November 2004 | 83 | 0.8557 | 0.8557 | 0.0103 | 0.3093 |
| **39** | 23 November 2004 | 1 | 0.0103 | 0.0103 | 0.3093 | 0.0144 |
| **40** | 24 November 2004 | 30 | 0.3093 | 0.3093 | 0.0144 | 0.0010 |
| **41** | 25 November 2004 | 1.4 | 0.0144 | 0.0144 | 0.0010 | 0.0474 |
| **42** | 26 November 2004 | 0.1 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0474 | 0.5320 |
| **43** | 27 November 2004 | 4.6 | 0.0474 | 0.0474 | 0.5320 | 0.0515 |
| **44** | 28 November 2004 | 51.6 | 0.5320 | 0.5320 | 0.0515 | 0.0021 |
| **45** | 29 November 2004 | 5 | 0.0515 | 0.0515 | 0.0021 | 0.0938 |
| **46** | 30 November 2004 | 0.2 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0938 | 0.7938 |
| **47** | 01 Desember 2004 | 9.1 | 0.0938 | 0.0938 | 0.7938 | 0.0165 |
| **48** | 02 Desember 2004 | 77 | 0.7938 | 0.7938 | 0.0165 | 0.1278 |
| **49** | 03 Desember 2004 | 1.6 | 0.0165 | 0.0165 | 0.1278 | 0.0000 |
| **50** | 04 Desember 2004 | 12.4 | 0.1278 | 0.1278 | 0.0000 | 0.4753 |
| **51** | 05 Desember 2004 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4753 | 0.0206 |
| **52** | 06 Desember 2004 | 46.1 | 0.4753 | 0.4753 | 0.0206 | 0.0000 |
| **53** | 07 Desember 2004 | 2 | 0.0206 |  |  |  |
| **54** | 08 Desember 2004 | 0 | 0.0000 |  |  |  |
| **55** | 09 Desember 2004 | 14.5 | 0.1495 | 0.1495 | 0.0072 | 0.0082 |
| **56** | 10 Desember 2004 | 0.7 | 0.0072 | 0.0072 | 0.0082 | 0.0000 |
| **57** | 11 Desember 2004 | 0.8 | 0.0082 | 0.0082 | 0.0000 | 0.0175 |
| **58** | 12 Desember 2004 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0175 | 0.0124 |
| **59** | 13 Desember 2004 | 1.7 | 0.0175 |  |  |  |
| **60** | 14 Desember 2004 | 1.2 | 0.0124 |  |  |  |

Seperti yang terlihat pada Tabel 4.7 dari 60 baris data yang di gunakan, data di bagi menjadi skala 9:1 untuk data *training* dan data *testing*, dimana baris data 1-54 di gunakan untuk data *training* dan baris data 55-60 di gunakan untuk data *testing*. Nilai dari *input* (x) dan label (y) di dasarkan dengan bentuk pola data *sliding* *windows* dimana panjang *input* di dasarkan pada Panjang *timestep* dari inisialisasi nilai *hyperprameter* seperti yang terlihat pada Tabel 4.6 dari nilai yang di gunakan, untuk perhitungan manual ini peneliti hanya menggunakan 2 nilai *timestep* yang berarti bahwa hanya terdapat 2 *input* untuk model yang di rancang yaitu *input* dan , dimana *input*  merupakan nilai dari baris *feature* ke , dan nilai *input* merupakan nilai dari baris , dan untuk nilai dari *label* **y** merupakan nilai dari baris *feature* ke dan begitu seterusnya hingga batas dari data yang di gunakan dari masing-masing data *training* dan *testing*.

##### Inisialisasi Dimensi Data dan Parameter

Inisialisasi Dimensi pada setiap *parameter* sangat di perlukan untuk pembangunan blok dasar dari jaringan LSTM termasuk jenis jaringan syaraf tiruan yang lainnya. Dimensi dari semua *parameter* dari LSTM tergantung pada dimensi *unit* tersesembunyi. Untuk penjelasan lebih lengkapnya dapat di lihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8. Dimensi *Parameter* Pada Jaringan LSTM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Parameter*** | **Keterangan** | **Dimensi** |
|  | Jumlah *neuron* *unit* dalam *hidden* *layer* |  |
|  | Jumlah *Feature* |  |
|  | Ukuran *input* (panjang *timestep*) |  |
|  | Dimensi *cell state* sebelumnya |  |
|  | Dimensi *output* sebelumnya |  |
|  | *Input* saat ini |  |
| [, ] | Gabungan *output* sebelumnya dan *input* saat ini |  |
|  | *Weight* untuk semua *gate* |  |
|  | *Bias* untuk semua operasi |  |

Seperti yang telihat pada Tabel 4.8 pada kolom Dimensi, Hampir setiap dimensi dari *parameter* di LSTM memiliki hubungan langsung maupun tidak langsung dengan *unit* tersembunyi pada *layer* LSTM, dan penting untuk di pahami bahwa perkalian matrik dari 2 metrik berukuran maka menghasilkan *output* berukuran . Setelah menganalisa dimensi komponen, tahap selanjutnya adalah menganalisa dimensi *output* pada setiap komponen. Untuk penjelasan lebih lengkapnya dapat di lihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9. Dimensi *Output* Pada Jaringan LSTM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Output*** | **Operasi** | **Dimensi** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Berdasarkan Tabel 4.9 fungsi aktivasi *sigmoid* dan *tanh* di tetapkan sebagai elemen dari matrix sehingga dimensi *input* dan *output* tidak berubah. Setelah melakukan *preprocessing* data dari normalisasi, menentukan nilai *hyperparameter* dan membagi *input* data sampai dengan pola *sliding windows* untuk model LSTM yang di gunakan. Tahap selanjutnya adalah menginisialisasi nilai awal dari *parameter* *forward* step seperti *bias* dan *weight*, *cell state* sebelumnya, dan *output* sebelumnya.

* Dimensi dari *Bias* seperti yang terlihat pada Tabel 4.8 berdimensi  *,* di karenakan jumlah *unit* yang di gunakan adalah 1 maka bentuk dimensi menjadi (1, 1), maka nilai *Bias* dari *forget, input, cell state, output* bisa di inisialisasikan dengan nilai nol seperti : [0], [0], [0], [0]
* Dimensi dariseperti yang terlihat pada Tabel 4.8 berdimensi  *,* Dengan jumlah *unit* yang di gunakan adalah 1 dan jumlah *feature* adalah 1 maka bentuk dimensi menjadi (1, 1), Untuk nilainya dikarenakan *Cell State* sebelumnya tidak ada maka nilai di inisialisasi menjadi : [0]
* Dimensi dariseperti yang terlihat pada Tabel 4.8 berdimensi  *,* Dengan jumlah *unit* yang di gunakan adalah 1 dan jumlah *feature* adalah 1 maka bentuk dimensi menjadi (1, 1), Untuk nilainya dikarenakan *Output* sebelumnya tidak ada maka nilai di inisialisasi menjadi : [0]
* Untuk nilai *Weight* seperti yang terlihat pada Tabel 4.8 berdimensi  *,* Dengan jumlah *unit* yang di gunakan adalah 1, Panjang *timestep* adalah 2 maka bentuk dimensi menjadi (1, 2+1), maka nilai *Weight* untuk masing-masing *Weight* *forget, input, cell state, output* bisa di inisialisasikan dengan nilai acak atau dengan rumus *xavier Initialization* seperti berikut :

Untuk saat ini standar pendekatan terbaik untuk inisialisasi bobot untuk setiap lapisan jaringan syaraf tiruan yang menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* dan *tanh* adalah dengan menggunakan rumus *xavier Initialization*, berdasarkan riset ilmuan dari *Google DeepMind* pada tahun 2010 oleh (Glorot & Bagio, 2010).

Selanjutnya adalah menginisialisasi nilai awal dari *parameter* *backward* step seperti *,*  , dan .

* Untuk di inisialisasi menjadi 0 di karenakan tidak ada *timestep* selanjutnya.
* Untuk sama seperti sebelumnya untuk nilai dari di inisialisasi menjadi 0.
* Untuk sama seperti sebelumnya untuk nilai dari di inisialisasi menjadi 0.

##### Training Model LSTM

Setelah di ketahui nilai *weight* awal kemudian barulah di mulai proses *training*. Pada proses *training* algoritma pada model LSTM yang di gunakan *forward* step dan *backward* step. Berikut contoh perhitungan manual jaringan LSTM.

###### Perhitungan Epoch 1 Batch 1

Perhitungan di mulai dari *epoch* 1 dan *batch* 1 untuk satu kali iterasi yang di hitung secara numerik atau manual sebagai berikut.

Forward Timestep ke 1 Batch 1

Setelah menentukan *hyperparameter*, *parameter*/nilai awal, dan dimensi selanjutnya adalah menghitung forward step *timestep* 1 seperti berikut.

Backward Timestep ke 1 Batch 1

Dikarenakan ukuran *batch* tidak lebih dari 1 maka setiap forward step selesai dalam 1 *timestep* langsung di lakukan backward step.

Perbaharui Bias dan Weight Batch 1

Berdasarkan optimizer yang di gunakan adalah *Stochastic Gradient Descent* (SDG), maka perbaharuan *bias* dan *weight* di lakukan di setiap *timestep*.

Hitung Akurasi Batch 1

Nilai Akurasi di hitung menggunakan rumus MSE dari perhitungan kereluruhan timeteps pada *batch* 1 seperti berikut.

Berdasarkan hasil nilai *error* dari data *batch* 1 di dapat nilai *error* sebesar . di mana nilai *error* memiliki arti bahwa prediksi *feature* *(rr)* memiliki tingkat ketidakakuratan lebih kurang sebesar dalam memprediksi curah hujan dari data curah hujan yang di normalisasi minmaxscaller.

###### Perhitungan Epoch 1 Batch 2-52

Perhitungan *batch* 2-52 sama seperti sebelumnya, hanya saja beberapa *parameter* seperti *bias* dan *weight* di perbaharui setelah menghitung *Stochastic Gradient Descent* (SGD) dari perhitungan *batch* sebelumnya.

Forward Epoch 1 Batch 2-52

*Forward* *batch* 2-52 berikut hasil perhitungan *forward* pada *batch* 2-52 seperti yang terlihat pada Tabel 4.10 berikut**.**

Tabel 4.10. Hasil *Forward* *Epoch* 1 *Batch* 2-52

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***batch*** | ***time step*** | ***Forward*** | | | | | |
| ***Gate*** | | | |  |  |
|  |  |  |  |
| 2 | 1 | 0.6432 | 0.6432 | 0.5477 | 0.6432 | 0.3523 | 0.2177 |
| 3 | 1 | 0.7070 | 0.7078 | 0.7254 | 0.7078 | 0.5134 | 0.3345 |
| 4 | 1 | 0.6597 | 0.6615 | 0.6108 | 0.6618 | 0.4041 | 0.2537 |
| 5 | 1 | 0.6213 | 0.6230 | 0.4924 | 0.6232 | 0.3068 | 0.1854 |
| 6 | 1 | 0.5490 | 0.5502 | 0.2301 | 0.5503 | 0.1266 | 0.0693 |
| 7 | 1 | 0.5401 | 0.5414 | 0.1992 | 0.5416 | 0.1079 | 0.0582 |
| 8 | 1 | 0.5282 | 0.5294 | 0.1508 | 0.5296 | 0.0798 | 0.0422 |
| 9 | 1 | 0.5031 | 0.5042 | 0.0492 | 0.5043 | 0.0248 | 0.0125 |
| 10 | 1 | 0.5225 | 0.5237 | 0.1310 | 0.5238 | 0.0686 | 0.0359 |
| 11 | 1 | 0.5352 | 0.5365 | 0.1824 | 0.5366 | 0.0978 | 0.0523 |
| 12 | 1 | 0.5528 | 0.5543 | 0.2575 | 0.5545 | 0.1427 | 0.0786 |
| 13 | 1 | 0.5617 | 0.5633 | 0.2928 | 0.5635 | 0.1649 | 0.0921 |
| 14 | 1 | 0.5847 | 0.5868 | 0.3879 | 0.5870 | 0.2276 | 0.1313 |
| 15 | 1 | 0.5829 | 0.5849 | 0.3801 | 0.5851 | 0.2223 | 0.1280 |
| 16 | 1 | 0.5297 | 0.5314 | 0.1775 | 0.5316 | 0.0943 | 0.0500 |
| 17 | 1 | 0.5349 | 0.5368 | 0.2017 | 0.5369 | 0.1083 | 0.0579 |
| 18 | 1 | 0.5525 | 0.5545 | 0.2731 | 0.5547 | 0.1514 | 0.0834 |
| 19 | 1 | 0.5645 | 0.5667 | 0.3234 | 0.5669 | 0.1833 | 0.1028 |
| 20 | 1 | 0.5795 | 0.5820 | 0.3834 | 0.5823 | 0.2231 | 0.1278 |
| 21 | 1 | 0.5792 | 0.5819 | 0.3856 | 0.5821 | 0.2244 | 0.1285 |
| 22 | 1 | 0.5386 | 0.5409 | 0.2294 | 0.5411 | 0.1241 | 0.0668 |
| 23 | 1 | 0.5248 | 0.5272 | 0.1788 | 0.5274 | 0.0943 | 0.0496 |
| 24 | 1 | 0.5515 | 0.5540 | 0.2860 | 0.5542 | 0.1584 | 0.0871 |
| 25 | 1 | 0.5342 | 0.5366 | 0.2174 | 0.5368 | 0.1166 | 0.0623 |
| 26 | 1 | 0.6057 | 0.6090 | 0.4936 | 0.6092 | 0.3006 | 0.1778 |
| 27 | 1 | 0.6088 | 0.6118 | 0.4995 | 0.6120 | 0.3056 | 0.1814 |
| 28 | 1 | 0.5537 | 0.5567 | 0.3098 | 0.5569 | 0.1725 | 0.0951 |
| 29 | 1 | 0.6350 | 0.6389 | 0.5956 | 0.6392 | 0.3805 | 0.2321 |
| 30 | 1 | 0.6239 | 0.6278 | 0.5619 | 0.6280 | 0.3527 | 0.2128 |
| 31 | 1 | 0.6102 | 0.6149 | 0.5281 | 0.6152 | 0.3247 | 0.1930 |
| 32 | 1 | 0.5832 | 0.5874 | 0.4351 | 0.5877 | 0.2555 | 0.1470 |
| 33 | 1 | 0.5055 | 0.5090 | 0.1361 | 0.5092 | 0.0693 | 0.0352 |
| 34 | 1 | 0.5013 | 0.5047 | 0.1184 | 0.5049 | 0.0598 | 0.0301 |
| 35 | 1 | 0.5042 | 0.5076 | 0.1298 | 0.5078 | 0.0659 | 0.0334 |
| 36 | 1 | 0.5225 | 0.5261 | 0.2058 | 0.5263 | 0.1082 | 0.0567 |
| 37 | 1 | 0.6385 | 0.6432 | 0.6218 | 0.6435 | 0.3999 | 0.2445 |
| 38 | 1 | 0.6225 | 0.6267 | 0.5706 | 0.6269 | 0.3576 | 0.2151 |
| 39 | 1 | 0.5460 | 0.5499 | 0.3134 | 0.5501 | 0.1723 | 0.0939 |
| 40 | 1 | 0.5466 | 0.5506 | 0.3144 | 0.5508 | 0.1731 | 0.0944 |
| 41 | 1 | 0.5022 | 0.5058 | 0.1376 | 0.5059 | 0.0696 | 0.0351 |
| 42 | 1 | 0.5070 | 0.5105 | 0.1570 | 0.5107 | 0.0802 | 0.0409 |
| 43 | 1 | 0.5829 | 0.5869 | 0.4520 | 0.5871 | 0.2653 | 0.1522 |
| 44 | 1 | 0.5834 | 0.5876 | 0.4526 | 0.5878 | 0.2660 | 0.1528 |
| 45 | 1 | 0.5077 | 0.5112 | 0.1659 | 0.5113 | 0.0848 | 0.0433 |
| 46 | 1 | 0.5138 | 0.5173 | 0.1914 | 0.5175 | 0.0990 | 0.0511 |
| 47 | 1 | 0.6254 | 0.6296 | 0.5946 | 0.6298 | 0.3744 | 0.2253 |
| 48 | 1 | 0.6149 | 0.6190 | 0.5604 | 0.6192 | 0.3469 | 0.2066 |
| 49 | 1 | 0.5208 | 0.5242 | 0.2305 | 0.5243 | 0.1208 | 0.0630 |
| 50 | 1 | 0.5184 | 0.5218 | 0.2199 | 0.5220 | 0.1147 | 0.0596 |
| 51 | 1 | 0.5682 | 0.5718 | 0.4133 | 0.5719 | 0.2364 | 0.1327 |
| 52 | 1 | 0.5711 | 0.5749 | 0.4223 | 0.5751 | 0.2428 | 0.1369 |

Pada Tabel 4.10 memperlihatkan hasil forward step LSTM pada *epoch* 1 dari setiap *timestep* di dalam *batch* 2-52 dengan ukuran *batch* tidak lebih dari 1 *timestep*.

Backward Epoch 1 Batch 2-52

*Backward* *batch* 2-52 berikut hasil perhitungan *backward* pada *batch* 2-52 seperti yang terlihat pada Tabel 4.11 berikut**.**

Tabel 4.11. Hasil *Backward* *Epoch* 1 *Batch* 2-52

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***batch*** | ***Backward*** | | | | | | |
|  |  | ***Gate*** | | | |  |
|  |  |  |  |
| 2 | -0.3081 | -0.1755 | -0.0239 | -0.0790 | -0.0221 | 0.0000 | -0.0722 |
| 3 | -0.2861 | -0.1573 | -0.0280 | -0.0528 | -0.0236 | 0.0000 | -0.0602 |
| 4 | 0.0166 | 0.0094 | 0.0014 | 0.0039 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0038 |
| 5 | 0.0823 | 0.0467 | 0.0057 | 0.0221 | 0.0054 | 0.0000 | 0.0192 |
| 6 | -0.1060 | -0.0574 | -0.0033 | -0.0299 | -0.0033 | 0.0000 | -0.0211 |
| 7 | 0.0376 | 0.0201 | 0.0010 | 0.0105 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0072 |
| 8 | 0.0411 | 0.0217 | 0.0008 | 0.0112 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0074 |
| 9 | -0.1421 | -0.0716 | -0.0009 | -0.0360 | -0.0009 | 0.0000 | -0.0218 |
| 10 | -0.0538 | -0.0281 | -0.0009 | -0.0144 | -0.0009 | 0.0000 | -0.0094 |
| 11 | -0.2250 | -0.1196 | -0.0055 | -0.0620 | -0.0054 | 0.0000 | -0.0421 |
| 12 | -0.0740 | -0.0402 | -0.0026 | -0.0208 | -0.0026 | 0.0000 | -0.0150 |
| 13 | -0.3481 | -0.1909 | -0.0140 | -0.0983 | -0.0137 | 0.0000 | -0.0728 |
| 14 | -0.0078 | -0.0044 | -0.0004 | -0.0022 | -0.0004 | 0.0000 | -0.0017 |
| 15 | 0.0609 | 0.0340 | 0.0032 | 0.0170 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0135 |
| 16 | -0.1253 | -0.0660 | -0.0029 | -0.0340 | -0.0029 | 0.0000 | -0.0230 |
| 17 | -0.1318 | -0.0699 | -0.0035 | -0.0360 | -0.0035 | 0.0000 | -0.0249 |
| 18 | -0.1764 | -0.0957 | -0.0065 | -0.0491 | -0.0065 | 0.0000 | -0.0358 |
| 19 | -0.1931 | -0.1059 | -0.0086 | -0.0537 | -0.0084 | 0.0000 | -0.0408 |
| 20 | -0.1299 | -0.0720 | -0.0069 | -0.0358 | -0.0067 | 0.0000 | -0.0285 |
| 21 | 0.1182 | 0.0654 | 0.0063 | 0.0324 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0259 |
| 22 | -0.0951 | -0.0507 | -0.0029 | -0.0260 | -0.0029 | 0.0000 | -0.0183 |
| 23 | -0.1463 | -0.0765 | -0.0034 | -0.0390 | -0.0034 | 0.0000 | -0.0265 |
| 24 | 0.0458 | 0.0248 | 0.0018 | 0.0126 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0093 |
| 25 | -0.6397 | -0.3388 | -0.0185 | -0.1732 | -0.0183 | 0.0000 | -0.1212 |
| 26 | 0.1139 | 0.0635 | 0.0079 | 0.0292 | 0.0075 | 0.0000 | 0.0258 |
| 27 | -0.1279 | -0.0714 | -0.0090 | -0.0328 | -0.0085 | 0.0000 | -0.0290 |
| 28 | -0.5544 | -0.2997 | -0.0234 | -0.1508 | -0.0229 | 0.0000 | -0.1138 |
| 29 | 0.0053 | 0.0030 | 0.0004 | 0.0012 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0012 |
| 30 | -0.3367 | -0.1872 | -0.0267 | -0.0804 | -0.0246 | 0.0000 | -0.0760 |
| 31 | 0.1610 | 0.0893 | 0.0120 | 0.0396 | 0.0112 | 0.0000 | 0.0362 |
| 32 | 0.1408 | 0.0776 | 0.0085 | 0.0369 | 0.0082 | 0.0000 | 0.0310 |
| 33 | 0.0321 | 0.0163 | 0.0006 | 0.0081 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0053 |
| 34 | 0.0044 | 0.0022 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0007 |
| 35 | -0.0965 | -0.0488 | -0.0016 | -0.0243 | -0.0016 | 0.0000 | -0.0159 |
| 36 | -0.7989 | -0.4156 | -0.0215 | -0.2094 | -0.0213 | 0.0000 | -0.1456 |
| 37 | 0.2342 | 0.1289 | 0.0204 | 0.0509 | 0.0184 | 0.0000 | 0.0518 |
| 38 | -0.0942 | -0.0521 | -0.0076 | -0.0220 | -0.0070 | 0.0000 | -0.0211 |
| 39 | 0.0794 | 0.0424 | 0.0034 | 0.0210 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0160 |
| 40 | 0.0934 | 0.0499 | 0.0040 | 0.0248 | 0.0039 | 0.0000 | 0.0188 |
| 41 | -0.0123 | -0.0062 | -0.0002 | -0.0031 | -0.0002 | 0.0000 | -0.0020 |
| 42 | -0.4911 | -0.2492 | -0.0098 | -0.1241 | -0.0098 | 0.0000 | -0.0830 |
| 43 | 0.1007 | 0.0551 | 0.0063 | 0.0257 | 0.0060 | 0.0000 | 0.0220 |
| 44 | 0.1507 | 0.0826 | 0.0095 | 0.0386 | 0.0091 | 0.0000 | 0.0330 |
| 45 | -0.0506 | -0.0257 | -0.0011 | -0.0128 | -0.0011 | 0.0000 | -0.0086 |
| 46 | -0.7428 | -0.3806 | -0.0183 | -0.1897 | -0.0182 | 0.0000 | -0.1306 |
| 47 | 0.2089 | 0.1147 | 0.0174 | 0.0467 | 0.0159 | 0.0000 | 0.0462 |
| 48 | 0.0787 | 0.0433 | 0.0062 | 0.0184 | 0.0057 | 0.0000 | 0.0175 |
| 49 | 0.0630 | 0.0326 | 0.0019 | 0.0162 | 0.0019 | 0.0000 | 0.0115 |
| 50 | -0.4156 | -0.2141 | -0.0118 | -0.1063 | -0.0117 | 0.0000 | -0.0750 |
| 51 | 0.1121 | 0.0607 | 0.0064 | 0.0288 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0238 |
| 52 | 0.1369 | 0.0743 | 0.0080 | 0.0351 | 0.0077 | 0.0000 | 0.0293 |

Pada Tabel 4.11 memperlihatkan hasil backward step LSTM pada *epoch* 1 dari setiap *timestep* di dalam *batch* 2-52 dengan ukuran *batch* tidak lebih dari 1 *timestep*.

Hitung Error Epoch 1 Batch 2-52

Nilai *Error* di hitung menggunakan rumus MSE dari perhitungan kereluruhan timeteps pada *batch* 2-52 seperti pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12. Nilai *Error* *Epoch* 1 *Batch* 2-52

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Batch*** |  |  | **MSE** |
| 2 | 0.525773 | 0.217691 | 0.094914 |
| 3 | 0.620619 | 0.334509 | 0.081859 |
| 4 | 0.237113 | 0.253746 | 0.000277 |
| 5 | 0.103093 | 0.185386 | 0.006772 |
| 6 | 0.175258 | 0.069303 | 0.011226 |
| 7 | 0.020619 | 0.058186 | 0.001411 |
| 8 | 0.001031 | 0.042180 | 0.001693 |
| 9 | 0.154639 | 0.012518 | 0.020198 |
| 10 | 0.089691 | 0.035888 | 0.002895 |
| 11 | 0.277320 | 0.052340 | 0.050616 |
| 12 | 0.152577 | 0.078612 | 0.005471 |
| 13 | 0.440206 | 0.092096 | 0.121181 |
| 14 | 0.139175 | 0.131349 | 0.000061 |
| 15 | 0.067010 | 0.127959 | 0.003715 |
| 16 | 0.175258 | 0.049988 | 0.015693 |
| 17 | 0.189691 | 0.057914 | 0.017365 |
| 18 | 0.259794 | 0.083358 | 0.031130 |
| 19 | 0.295876 | 0.102768 | 0.037291 |
| 20 | 0.257732 | 0.127808 | 0.016880 |
| 21 | 0.010309 | 0.128495 | 0.013968 |
| 22 | 0.161856 | 0.066793 | 0.009037 |
| 23 | 0.195876 | 0.049575 | 0.021404 |
| 24 | 0.041237 | 0.087081 | 0.002102 |
| 25 | 0.702062 | 0.062329 | 0.409258 |
| 26 | 0.063918 | 0.177787 | 0.012966 |
| 27 | 0.309278 | 0.181410 | 0.016350 |
| 28 | 0.649485 | 0.095103 | 0.307339 |
| 29 | 0.226804 | 0.232145 | 0.000029 |
| 30 | 0.549485 | 0.212775 | 0.113373 |
| 31 | 0.031959 | 0.192999 | 0.025934 |
| 32 | 0.006186 | 0.146992 | 0.019826 |
| 33 | 0.003093 | 0.035225 | 0.001033 |
| 34 | 0.025773 | 0.030139 | 0.000019 |
| 35 | 0.129897 | 0.033411 | 0.009310 |
| 36 | 0.855670 | 0.056741 | 0.638287 |
| 37 | 0.010309 | 0.244476 | 0.054834 |
| 38 | 0.309278 | 0.215074 | 0.008875 |
| 39 | 0.014433 | 0.093857 | 0.006308 |
| 40 | 0.001031 | 0.094395 | 0.008717 |
| 41 | 0.047423 | 0.035144 | 0.000151 |
| 42 | 0.531959 | 0.040860 | 0.241178 |
| 43 | 0.051546 | 0.152215 | 0.010134 |
| 44 | 0.002062 | 0.152757 | 0.022709 |
| 45 | 0.093814 | 0.043252 | 0.002557 |
| 46 | 0.793814 | 0.051054 | 0.551693 |
| 47 | 0.016495 | 0.225346 | 0.043619 |
| 48 | 0.127835 | 0.206567 | 0.006199 |
| 49 | 0.000000 | 0.063048 | 0.003975 |
| 50 | 0.475258 | 0.059627 | 0.172749 |
| 51 | 0.020619 | 0.132724 | 0.012568 |
| 52 | 0.000000 | 0.136923 | 0.018748 |

Berdasarkan Tabel 4.12 hasil nilai *error* MSE dari *epoch* 1 di dapat nilai *error* seperti yang terlihat pada kolom MSE memiliki arti bahwa prediksi *feature* *(rr)* setiap *batch* memiliki tingkat ketidakakuratan lebih kurang seperti yang terlihat pada kolom tersebut dalam memprediksi curah hujan dari data curah hujan yang di normalisasi minmaxscaller.

Hitung Total Nilai Error Epoch 1

Untuk mengetahui total *error* dari 1 kali *epoch* diperlukan untuk mencari nilai rata-rata dari total semua nilai *error* dari tiap *batch*.

Berdasarkan hasil total nilai *error* MSE dari data *epoch* 1 di dapat nilai *error* sebesar . Dimana nilai *error* memiliki arti bahwa prediksi *feature* *(rr)* memiliki tingkat ketidakakuratan lebih kurang sebesar dalam memprediksi curah hujan dari data curah hujan yang di normalisasi minmaxscaller.

###### Perhitungan Epoch 2-50

Pada perhitungan *Epoch* 2-50 nilai *error* di hitung menggunakan total dari rumus MSE seperti pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13. Nilai *Error* *Epoch* 2-50

|  |  |
| --- | --- |
| ***Epoch*** |  |
| 2 | 0.075683 |
| 3 | 0.072499 |
| 4 | 0.070754 |
| 5 | 0.069697 |
| 6 | 0.069002 |
| 7 | 0.068510 |
| 8 | 0.068140 |
| 9 | 0.067844 |
| 10 | 0.067598 |
| 11 | 0.067386 |
| 12 | 0.067198 |
| 13 | 0.067029 |
| 14 | 0.066873 |
| 15 | 0.066729 |
| 16 | 0.066594 |
| 17 | 0.066467 |
| 18 | 0.066348 |
| 19 | 0.066235 |
| 20 | 0.066127 |
| 21 | 0.066025 |
| 22 | 0.065927 |
| 23 | 0.065834 |
| 24 | 0.065745 |
| 25 | 0.065660 |
| 26 | 0.065578 |
| 27 | 0.065500 |
| 28 | 0.065425 |
| 29 | 0.065352 |
| 30 | 0.065283 |
| 31 | 0.065216 |
| 32 | 0.065151 |
| 33 | 0.065089 |
| 34 | 0.065029 |
| 35 | 0.064971 |
| 36 | 0.064915 |
| 37 | 0.064861 |
| 38 | 0.064808 |
| 39 | 0.064758 |
| 40 | 0.064709 |
| 41 | 0.064661 |
| 42 | 0.064615 |
| 43 | 0.064570 |
| 44 | 0.064527 |
| 45 | 0.064485 |
| 46 | 0.064444 |
| 47 | 0.064404 |
| 48 | 0.064366 |
| 49 | 0.064328 |
| 50 | 0.064291 |

Berdasarkan Tabel 4.13 hasil nilai *error* MSE dari *epoch* 2-52 di dapat nilai *error* seperti yang terlihat pada kolom , dimana nilai *error* selalu berkurang seiring dengan perulangan *epoch* selama 50 kali. memiliki arti bahwa prediksi *feature* (rr) setiap perulangan *epoch* yang di lakukan memiliki tingkat ketidakakuratan terus berkurang seperti yang terlihat pada kolom tersebut dalam memprediksi curah hujan dari data curah hujan yang di normalisasi minmaxscaller.

##### Testing Model LSTM

Setelah melakukan *Training* Model LSTM maka di ketahui nilai *bias* dan *weight* optimal dari 50 *epoch* seperti pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14. *Bias* dan *Weight* dari Learned Model

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Parameter*s** | ***Forget* *Gate*** | ***Input* *Gate*** | ***Memory* *Gate*** | ***Output* *Gate*** |
| *bias* |  |  |  |  |
| *weight* |  |  |  |  |

Hasil optimal dari *bias* dan *weight* dari learned model di gunakan untuk melakukan pengujian dari data *testing*. Pada proses *testing* algoritma pada model LSTM yang di gunakan hanya *forward* step sebanyak data yang di *testing* seperti yang terlihat padaTabel 4.15**.**

Tabel 4.15. Hasil *Testing* Model

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***t*** |  |  | **MSE** |
| 1 | 0.0082 | 0.1878 | 0.032252586 |
| 2 | 0.0000 | 0.1716 | 0.029432851 |
| 3 | 0.0175 | 0.1709 | 0.023530073 |
| 4 | 0.0124 | 0.1716 | 0.025350684 |

Pada Tabel 4.15 untuk nilai *error* sama seperti pada tahap *training*, peneliti hanya menggunakan rumus MSE untuk perhitungan nilai *error*.

Berdasarkan hasil nilai *error* MSE dari proses *testing* di dapat nilai *error* sebesar . Dimana nilai *error* memiliki arti bahwa prediksi *feature* *(rr)* pada saat *testing* memiliki tingkat ketidakakuratan lebih kurang sebesar dalam memprediksi *feature/variabel (rr)* curah hujan. Dapat di katakan bahwa Proyeksi atau perhitungan manual LSTM yang di lakukan peneliti dengan hanya menggunakan 1 *feature/variabel* yaitu *(rr)* curah hujan, dengan beberapa nilai *hyperparameter* lainnya seperti yang terlihat pada Tabel 4.6, dan menggunakan *deep Learning* dengan metode *Long Short-Term Memory* dengan algoritma *backpropagation* masih jauh dari nilai keakuratan yang di harapkan.

### Analisa Sistem

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan dalam perancangan sistem dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan, dan hambatan yang muncul. Sehingga menghasilkan sebuah sistem yang efektif dan efisien. Sistem yang di kembangkan berbasis *web* dengan Bahasa Pemrograman *Python* dan *database* MySQL.

Sistem yang di kembangkan Bernama “Sistem Proyeksi Curah Hujan Padang Pariaman”. Sistem ini di rancang untuk melakukan pembelajaran mendalam dengan mengalkulasi dari kumpulan Data Klimatologi hingga menghasilkan sebuah prediksi sesuai yang di harapkan.

Data yang di dapat dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* masih di dokumentasi dalam bentuk *form*at *excel* yang nantinya semua data tersebut di masukkan ke dalam *database* MySQL yang di gunakan untuk sistem dalam melakukan pembelajaran mendalam.

Keuntungan dari Sistem ini adalah menghilangkan kebiasaan melakukan pemodelan prediksi dengan penggunaan jumlah *parameter*, asumsi-asumsi matematis, dan *form*ulasi persamaan yang cenderung rumit. Karena untuk menghasilkan model dengan prediksi yang tepat di butuhkah banyak *parameter* yang mustahil di lakukan secara manual.

#### Analisa Desain *Database*

*Database* adalah kumpulan dari beberapa tabel dependen maupun independen satu sama lain dengan tabel yang lainya. Tabel-tabel yang dependen dengan tabel lainya terhubung berdasarkan primary key yang ada. Seperti yang di jabarkan sebagai berikut :

##### Tabel Users

Merupakan tabel yang di gunakan untuk menampung data penggunaan untuk proses authentikasi masuk ke sistem dengan rancangan struktur tabel seperti pada Tabel 4.16 berikut:

* Nama *Database* : proyeksi
* Nama Tabel : auth\_*user*

Tabel 4.16. Tabel *auth\_user*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Field Name** | **Type** | **Width** | **Description** |
| 1 | id | Integer | 11 | Primary Key |
| 2 | password | Varchar | 128 | Password *User* |
| 3 | last\_*login* | Datetime | - | *Login* Terakhir *User* |
| 4 | is\_super*user* | Bool | 2 | Apakah Super *User* |
| 5 | *user*name | Varchar | 150 | Panggilan *User* |
| 6 | last\_name | Varchar | 150 | Nama Terakhir *User* |
| 7 | *email* | Varchar | 254 | *Email* *User* |
| 8 | is\_staff | Bool | 2 | Apakah Staff |
| 9 | is\_active | Bool | 2 | Apakah Aktif |
| 10 | date\_joined | Datetime | - | Waktu Daftar ke Sistem |
| 11 | first\_name | Varchar | 150 | Nama Depan *User* |

Pada Tabel 4.16 telihat seperti pola table authentikasi yang kerap digunakan pada sistem pada umumnya, dimana tabel tersebut memiliki, password, *user*name, *email*,dan date\_joined, sebagai inti dari kolom informasi authentikasi, dan beberapa kolom lainya sebagai pendukung/fitur tambahan.

##### Tabel Session Middleware

Merupakan tabel yang di gunakan untuk menampung data sesi penggunaan yang telah berhasil melakukan authentikasi ke dalam sistem dengan rancangan struktur tabel seperti pada Tabel 4.17 berikut:

* Nama *Database* : proyeksi
* Nama Tabel : django\_session

Tabel 4.17. Tabel *django\_session*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Field Name** | **Type** | **Width** | **Description** |
| 1 | session\_key | Varchar | 40 | Primary Key |
| 2 | session\_data | Text | - | Data Session *User* |
| 3 | expire\_date | Datetime | - | Waktu Kadaluarsa Session *User* |

Pada Tabel 4.17 memiliki beberapa kolom untuk menyimpan informasi ketika *admin* dalam sesi *login* ke dalam sistem, dimana tabel tersebut memiliki kolom session\_data untuk menyimpan data sesi *login* *admin*, dan expire\_date menyimpan informasi waktu kadaluarsa *admin* dalam sesi *login*.

##### Tabel Klimatologi

Merupakan tabel yang di gunakan untuk menampung Data Klimatologi yang nantinya di gunakan dalam pembelajaran mesin dalam sistem dengan rancangan struktur tabel seperti pada Tabel 4.18 berikut :

* Nama *Database* : proyeksi
* Nama Tabel : proyeksi\_klimatologi

Tabel 4.18. Tabel *proyeksi\_klimatologi*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Field Name** | **Type** | **Width** | **Description** |
| 1 | id | Integer | 11 | Primary Key |
| 2 | tanggal | Date | - | Tanggal Observasi |
| 3 | tn | Double | 4 | Temperatur Minimum |
| 4 | tx | Double | 4 | Temperatur Maksimum |
| 5 | tavg | Double | 4 | Temperatur Rata-rata |
| 6 | rh\_avg | Double | 4 | Kelembapan Rata-rata |
| 7 | rr | Double | 4 | Curah Hujan |
| 8 | ff\_x | Double | 4 | Lama Penyinaran Matahari |
| 9 | ddd\_x | Double | 4 | Kecepatan Angin Maksimum |
| 10 | ff\_avg | Double | 4 | Kecepatan Angin Rata-rata |
| 11 | ddd\_car | Double | 4 | Arah Angin Terbanyak |

Pada Tabel 4.18 merupakan tabel yang menyimpan dataset klimatologi yang di dapat dari *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman* dari tahun 1985 sampai tahun 2021, hanya saja untuk batasan masalah pada penelitian ini kolom data yang di gunakan hanyalah kolom *rr*.

##### Tabel Proyeksi Riwayat

Merupakan tabel yang di gunakan untuk menampung hasil proyeksi yang nantinya dapat di gunakan untuk menjad perbandingan pada Proyeksi lainnya dengan rancangan struktur tabel seperti pada Tabel 4.18 berikut :

* Nama *Database* : proyeksi
* Nama Tabel : proyeksi\_riwayat

Tabel 4.19. Tabel *proyeksi\_riwayat*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Field Name** | **Type** | **Width** | **Description** |
| 1 | id | Integer | 11 | Primary Key |
| 2 | *timestep* | Integer | 11 | Panjang *Sequence*/*Timestep* |
| 3 | max\_*batch*\_size | Integer | 11 | Ukuran *Batch* Maksimal |
| 4 | max\_*epoch* | Integer | 11 | Maksimal *Epoch* |
| 5 | *layer*\_size | Integer | 11 | Jumlah *Hidden* *Layer* |
| 6 | *unit*\_size | Integer | 11 | Jumlah *Unit* Setiap *Layer* |
| 7 | dropout | Double | 8 | Probabilitas Dropout |
| 8 | *Learning*\_rate | Double | 8 | Nilai *Learning* Rate |
| 9 | row\_start | Integer | 11 | ID Awal Baris Data |
| 10 | row\_end | Integer | 11 | ID Akhir Baris Data |
| 11 | num\_predict | Integer | 11 | Jumlah Prediksi ke Depan |
| 12 | feature\_training | Varchar | 64 | *Variabel* dalam training |
| 13 | feature\_predict | Varchar | 8 | *Variabel* untuk di proyeksi |
| 14 | loss | Double | 8 | Rata-rata nilai error proyeksi |
| 15 | valueset | Json | - | Catatan *Output* |
| 16 | hdf | Blob | - | H5 tempat bobot dan *bias* |

Pada Tabel 4.19 berperan penting dalam menyimpan Riwayat setiap Proyeksi di lakukan, semua nilai *hyperparameter* dan *parameter* yang diperlukan di simpan ke dalam tabel tersebut ketika selesai melakukan Proyeksi, guna agar dapat di buka Kembali Proyeksi yang telah di lakukan untuk menjadi pembanding dari Proyeksi selanjutnya.

#### Analisa Hasil *Output* Pengujian

*Output* dari hasil perhitungan model LSTM adalah bentuk tabel dan grafik statistik yang berisi hasil akurasi dari data aktual dengan data prediksi, serta hasil prediksi hari kedepanya seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3. Contoh Sketsa Grafik *Output* Hasil Pengujian

Pada Gambar 4.3 Hasil dari algoritma LSTM di tampilkan dari proses tersebut guna mengetahui akurasi hasil prediksi, bentuk hasil prediksi berbentuk grafik garis dimana terdapat 2 garis yaitu garis hasil proyeksi, garis data sebenarnya, dan garis prediksi masa depan.

## Perancangan

Perancangan merupakan proses di mana suatu sistem di gambarkan sesuai kebutuhan pada fase analisis. Tahap yang di lakukan dalam perancangan sesuai dengan arsitektur sistem yang di perlukan agar setiap agar setiap sistem yang di bangun memiliki konstruksi yang baik, guna mempermudah untuk melakukan pengembangan apabila di perlukan nantinya di lain waktu.

### Perancangan Model

Pada perancangan model dilakukan pengumpulan beberapa fakta kebutuhan yang mendukung dalam arsitektur rancangan sistem. Dengan menggunakan *Unified Modelling Language* (UML) sebagai *tools* dalam memaparkan alur arsitektur dari sistem yang di rancang. Adapun UML yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### *Use case* Diagram

*Use case Diagram* menggambarkan bagaimana pengguna atau aktor menggunakan atau memanfaatkan sistem. Pada *use case* diagram mendeskripsikan interaksi dari beberapa aktor dengan sistem yang dirancang.

##### Definisi Aktor

Definisi aktor adalah aktivitas yang bisa dilakukan oleh para pengguna dalam menggunakan sistem. Definisinya dapat dijelaskan pada Tabel 4.20 berikut :

Tabel 4.20. Definisi Aktor

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Aktor** | **Deskripsi** |
| 1 | *Admin* | Aktor *Admin* melakukan operasi dan pengelolaan terhadap sistem. Pengelolaan tersebut di lakukan dengan akses secara penuh terhadap sistem, baik berupa *Create (tambah data), Read (daca data) Update (edit data)* dan D*elete (hapus data)* data yang berhubungan dengan sistem. |

Pada Gambar 4.20 menjelaskan seluruh aktor yang terlibat dalam sistem di jelaskan, tentang hak akses dan fitur yang dapat di gunakan oleh aktor tersebut di dalam sistem yang di rancang.

##### Definisi Use case

Definisi *use case* adalah kegiatan yang dapat di lakukan oleh aktor di dalam sebuah sistem. Definisinya dapat dijelaskan pada Tabel 4.21 berikut :

Tabel 4.21. Definisi *Use case* yang digunakan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | ***Use case*** | **Aktor** | **Deskripsi** |
| 1 | *Home* | *Admin* | Merupakan *Use case* untuk menampilkan halaman Utama yang menampilkan, keterangan dari sistem. |
| 2 | *Login* | *Admin* | *Use case* yang di gunakan aktor untuk authentikasi ke dalam sistem untuk mendapatkan hak akses terhadap beberapa *use case* di dalam sistem. |
| 3 | *Logout* | *Admin* | *Use case* yang digunakan untuk melepaskan authentikasi *login* pada sistem, menghapus sesi *login* dan hak akses yang berjalan. |
| 4 | *Data Klimatologi* | *Admin* | Merupakan *Use case* untuk menampilkan kumpulan Data Klimatologi yang ada di sistem. |
| 5 | *Tambah Data Klimatologi* | *Admin* | *Use case* yang digunakan apabila *admin* ingin menambah baris baru pada kumpulan Data Klimatologi |
| 6 | *Isi Form Klimatologi* | *Admin* | *Use case* dimana *admin* mengisi Data Klimatologi yang di *input* ke sistem. |
| 7 | *Ubah Data Klimatologi* | *Admin* | *Use case* yang digunakan apabila *admin* ingin mengubah baris suatu data pada kumpulan Data Klimatologi |
| 8 | *Ubah Form Klimatologi* | *Admin* | *Use case* dimana *admin* mengubah isi *form* dari Data Klimatologi yang di ubah. |
| 9 | *Hapus Data Klimatologi* | *Admin* | *Use case* yang digunakan apabila *admin* ingin menghapus baris suatu data pada kumpulan Data Klimatologi |
| 10 | *Riwayat Proyeksi* | *Admin* | *Use case* yang berguna untuk melihat Riwayat Proyeksi yang telah di lakukan sebelumnya. |
| 11 | *Buat Proyeksi* | *Admin* | *Use case* yang berguna untuk melakukan Proyeksi baru dari Data Klimatologi dengan metode LSTM. |
| 12 | *Isi Form Proyeksi* | *Admin* | *Use case* dimana *admin* mengisi beberapa *parameter* yang harus di *input*kan sebelum melakukan Proyeksi |
| 13 | *Detail Riwayat Proyeksi* | *Admin* | *Use case* yang digunakan apabila *admin* ingin melihat hasil Proyeksi dari suatu proyeksi pada kumpulan Riwayat proyeksi |
| 14 | *Lihat Hasil Proyeksi* | *Admin* | *Use case* dimana *admin* dapat melihat hasil proyeksi yang di lakukan. |
| 16 | *Ubah Form Profil* | *Admin* | *Use case* dimana *admin* mengubah isi *form* profil *admin* yang sudah ada. |
| 17 | *Isi Form Password* | *Admin* | *Use case* dimana *admin* perlu mengisi password untuk keperluan authentikasi saat ingin mengubah data profil *admin*. |

Berdasarkan Tabel 4.21 untuk rancangan UML berupa *Use case Diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4. *Use case* Diagram *Admin*

Berdasarkan Gambar 4.4 terdapat 5 case inti yaitu case *Login*, *Home*, Data Klimatologi, Riwayat Proyeksi dan *Logout*, selebihnya adalah extends dari case inti tersebut seperti yang di jelaskan pada Tabel 4.21 sebelumnya.

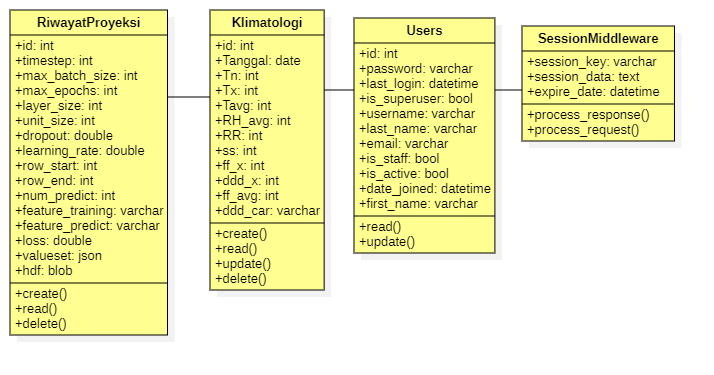
#### *Class* Diagram

*Class Diagram* menjelaskan mengenai jenis – jenis objek yang terdapat di dalam sebuah sistem dan berbagai hubungan statis yang terdapat pada sistem. Merupakan inti dari pengembangan dan desain dari program berrorientasi objek. Definisi dari *Class* Diagram dapat di lihat pada Tabel 4.22 berikut ini :

Tabel 4.22. Definisi *Class* Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | ***Class* Diagram** | **Deskripsi** |
| 1 | *Users* | *Class* Diagram di gunakan untuk *Object Relation Mapping* (ORM) untuk melakukan query dan manipulasi data *users* yang tergabung dalam sistem dari *database* dengan API DMBS MySQL. |
| 2 | *Klimatologi* | *Class* Diagram di gunakan untuk *Object Relation Mapping (ORM)* untuk melakukan query dan manipulasi data dari *database* dengan API DMBS MySQL. |
| 4 | *RiwayatProyeksi* | Merupakan *Class* Diagram yang berfungsi untuk menyimpan model dari LSTM beserta *parameter* hasil |
| 5 | *SessionMiddleware* | Merupakan *Class* Diagram yang berfungsi untuk menyimpan data sesi authentikasi *users*. |

Berdasarkan Tabel 4.22 rancangan UML berupa *Use case Diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.5di bawah ini :



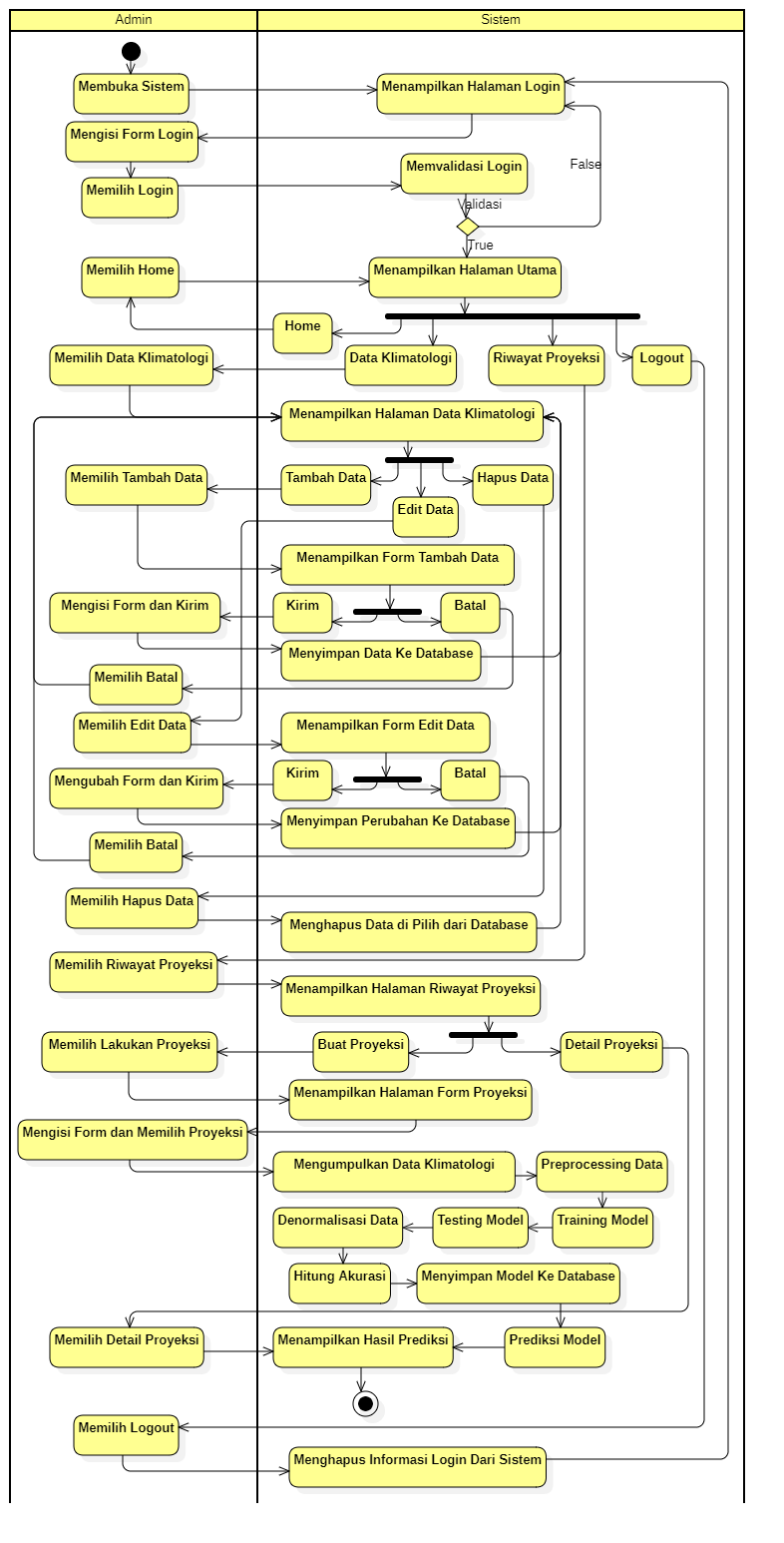
Gambar 4.5. *Class* Diagram

*Class* diagram Pada Gambar 4.5 seperti *class* *RiwayatProyeksi* dan *Klimatologi* memiliki keterkaitan pada kolom *row\_start* dan *row\_end* pada *RiwayatProyeksi* dengan *id* pada *Klimatologi*, sebagai penanda rentang data yang di gunakan dalam melakukan sebuah Proyeksi.

#### *Activity* Diagram

*Activity diagram* adalah teknik untuk mendeskripsikan logika prosedural, aliran kerja dalam banyak kasus *Activity* diagram menggambarkan bagaimana aktivitas yang terjadi dalam sistem yang dirancang. *Activity* diagram sama seperti halnya flowchart yang menggambarkan proses yang terjadi antara aktor dan sistem.

Pada *Activity* diagram yang di rancang *admin* perlu melakukan authentikasi terlebih dahulu untuk mendapatkan hak akses menggunakan sistem lebih lanjut, Setelah *Admin* melakukan authentikasi *login* *admin*, *admin* memiliki hak akses untuk masuk ke dalam halaman *home*, Data Klimatologi untuk mengelola Data Klimatologi, dan proyeksi untuk melakukan proyeksi Data Klimatologi, dan halaman edit profil untuk mengelola akun *admin*. seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 berikut :



Gambar 4.6. *Activity* Diagram *Admin*

Berdasarkan Gambar 4.6 perancangan diagram di atas menggambarkan apa saja aktivitas *admin* pada sistem. Mulai dari membuka sistem sampai melihat halaman utama dari sistem. Pada saat *admin* mengakses sistem dan berhasil tahap validasi setelah melakukan *login* *admin* langsung di arahkan ke halaman utama yaitu halaman *home*, dan dapat mengakses beberapa menu lainya seperti Data Klimatologi, Riwayat Proyeksi, dan *Logout*.

Pada Data Klimatologi *admin* dapat mengelola Data Klimatologi seperti membaca Data Klimatologi, Tambah Data Klimatologi, Edit Data Klimatologi, dan Hapus Data Klimatologi.

Pada Riwayat Proyeksi melihat Riwayat hasil Proyeksi sebelumnya yang sudah di lakukan berdasarkan *hyperparameter* pendukung Proyeksi, *admin* juga dapat melakukan proyeksi yang baru dengan mengakses Lakukan Proyeksi di mana *admin* harus mengisi beberapa *hyperparameter* pendukung dengan mengisi *form* untuk melakukan Proyeksi data yang nantinya sistem menampilkan hasil Proyeksi berbentuk tabel dan diagram statistik.

#### *Sequence* Diagram

*Sequence diagram* merupakan suatu rangkaian yang mendeskripsikan alur kerja dan interaksi-interaksi yang terjadi, dan menjelaskan hubungan timbal balik antara pengguna dan sistem saat berinteraksi. *Sequence diagram* dipengaruhi oleh *use case diagram*, dengan demikian masing-masing *use case* memiliki satu *sequence diagram* yang mendeskripsikan alur kerja dan interaksi yang ada saat *use case* dijelaskan.

##### Sequence Diagram Login

*Sequence Diagram* ini menjelaskan urutan yang dilakukan oleh *admin* untuk mendapatkan hak akses sistem dengan melakukan *login* sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.7 berikut ini :



Gambar 4.7. *Sequence* Diagram *Login*

Sesuai urutan Diagram Gambar 4.7 di atas dapat dilihat bagaimana interaksi pada sistem yang dibangun. Diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat hak akses sistem dan sistem untuk menyimpan data sesi *admin* ke dalam sistem dan *database* sebagai penanda kalau *admin* tersebut sedang *login* saat sesi yang berlangsung. Jika data yang di *input* *form* *login* salah maka *admin* langsung di alihkan kembali ke halaman *login*.

##### Sequence Diagram Home

*Sequence Diagram* ini menjelaskan urutan yang dilakukan oleh *admin* agar dapat mengakses halaman *home* dengan melakukan *login* sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.8 berikut ini :

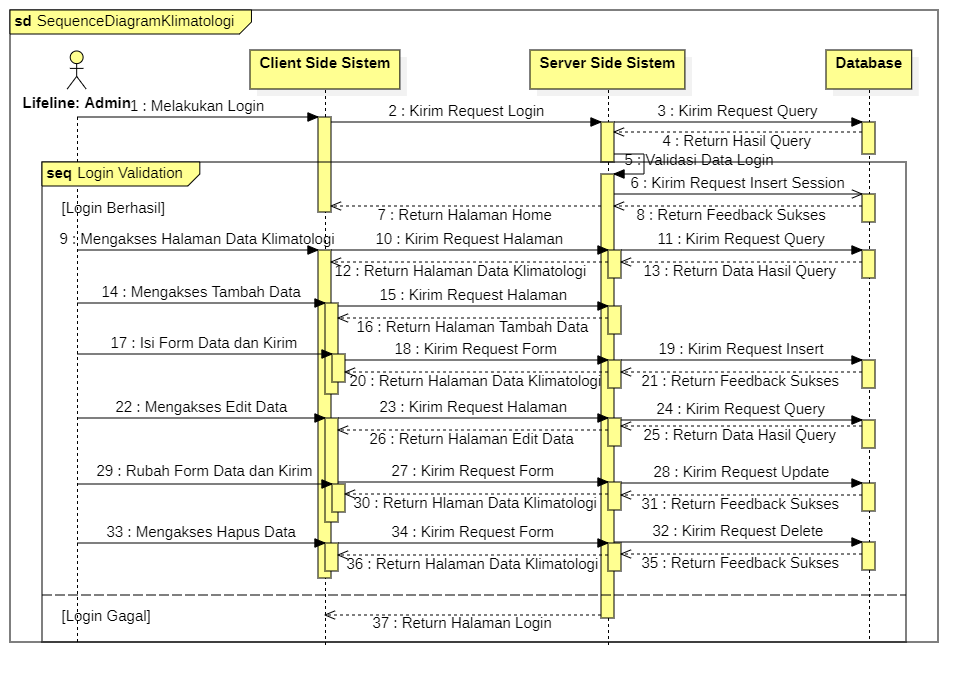


Gambar 4.8. *Sequence* Diagram *Home*

Sesuai urutan Diagram Gambar 4.8 di atas dapat dilihat bagaimana interaksi pada sistem yang dibangun. Diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat mengakses halaman *home*. Jika data yang di *input* *form* *login* salah maka *admin* di arahkan kembali ke halaman *login*.

##### Sequence Diagram Data Klimatologi

*Sequence* *Diagram* ini menjelaskan urutan yang dilakukan oleh *admin* agar dapat mengakses halaman Data Klimatologi dan mengelola Data Klimatologi tersebut dengan melakukan *login* sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.9berikut ini :



Gambar 4.9. *Sequence* Diagram Data Klimatologi

Sesuai urutan Diagram Gambar 4.9 di atas dapat dilihat bagaimana interaksi pada sistem yang dibangun. Diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat mengakses halaman Data Klimatologi dan menggunakan fitur di dalamnya seperti tambah Data Klimatologi, Jika data yang di *input* *form* *login* salah maka *admin* di arahkan kembali ke halaman *login*.

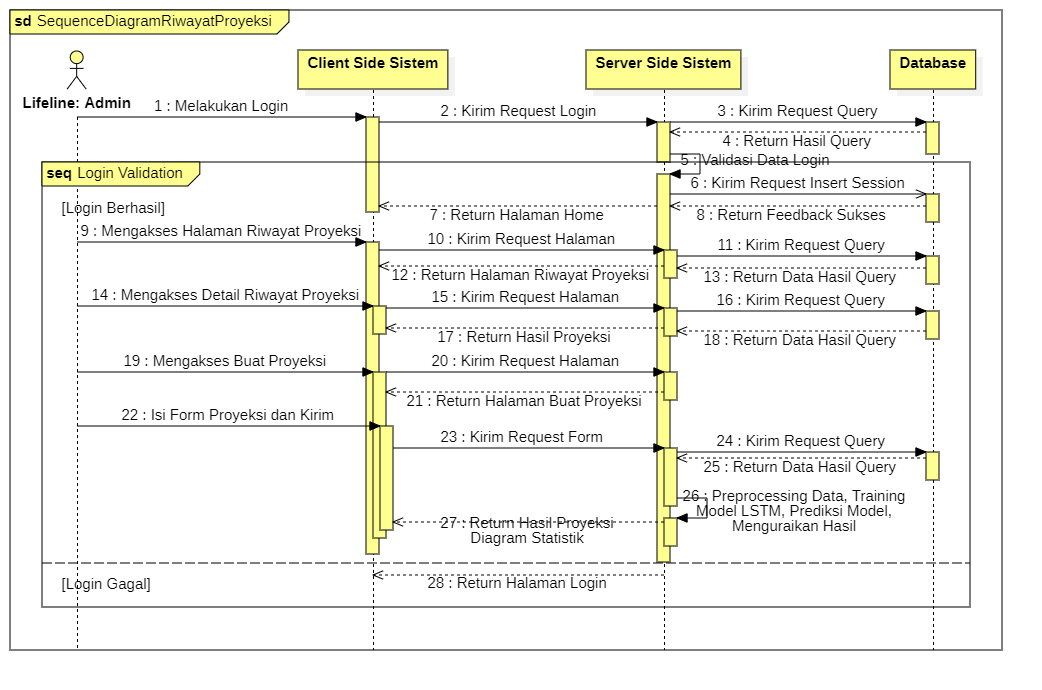
Pada Data Klimatologi *admin* dapat melakukan *input* *form* dan mengirim permintaan ke *server* agar *server* dapat menyimpan data *form* yang di *input*kan *admin* ke dalam *database* yang nantinya *database* memberikan tanggapan sukses di mana *server* meneruskan pesan sukses tadi dengan mengalihkan *admin* tadi Kembali ke halaman Data Klimatologi.

Pada edit Data Klimatologi sama halnya dengan Tambah data hanya saja *form* *input* otomatis terisi dengan data yang ada di *database* dan *admin* di haruskan mengubah *form* tersebut dan mengirim permintaan ke *server*.

Pada hapus Data Klimatologi *admin* dapat menghapus data yang di pilih dan mengirim permintaan ke *server*.

##### Sequence Diagram Riwayat Proyeksi

*Sequence* *Diagram* ini menjelaskan urutan yang dilakukan oleh *admin* agar dapat mengakses halaman Riwayat Proyeksi guna melakukan prediksi dari Data Klimatologi dengan melakukan *login* sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.10 berikut ini :



Gambar 4.10. *Sequence* Diagram Riwayat Proyeksi

Sesuai urutan Diagram Gambar 4.10 di atas dapat dilihat bagaimana interaksi pada sistem yang dibangun. Diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat mengakses halaman Riwayat Proyeksi, Jika data yang di *input* *form* *login* salah maka *admin* di arahkan kembali ke halaman *login*.

Pada halaman Riwayat Proyeksi *admin* dalam melihat detail setiap baris riwayat Proyeksi yang di pilih untuk melihat hasil Proyeksi dari Riwayat Proyeksi sebelumnya.

*Admin* juga dapat membuat baru Proyeksi dengan mengakses halaman buat Proyeksi, selanjutnya *admin* di haruskan untuk mengisi *form* opsi dan *input* untuk menentukan kriteria Proyeksi yang di inginkan, setelah *admin* mengirim permintaan ke sistem maka sistem membaca semua Data Klimatologi yang di gunakan untuk melakukan Proyeksi dengan tahapnya seperti, *preprocessing* data, *training* model LSTM, prediksi model, dan mengembalikan hasil berupa uraian hasil berbentuk diagram statistik.

##### Sequence Diagram Logout

*Sequence Diagram* ini menjelaskan urutan yang dilakukan oleh *admin* untuk *logout* guna menghapus sesi yang sedang berlangsung dan keluar dari sistem di mana *admin* harus melakukan *login* terlebih dahulu. Dapat di lihat pada Gambar 4.11 berikut ini :



Gambar 4.11. *Sequence* Diagram *Logout*

Sesuai urutan Diagram Gambar 4.11 di atas dapat dilihat bagaimana interaksi pada sistem yang dibangun. Diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* alah berada dalam status sesi *login* Jika data yang di *input* *form* *login* salah maka *admin* di arahkan kembali ke halaman *login*.

*Logout* hanya dapat di lakukan jika *admin* dalam sesi *login*, *admin* dapat keluar dari sistem dengan mengakses *logout* dan permintaan di kirimkan ke *server*, kemudian *server* mengirimkan permintaan ke *database* agar data sesi *admin* yang berlangsung untuk di hapus dari *database* sekaligus sistem menghapus data sesi dari sistem, terakhir sistem mengalihkan *admin* ke halaman *login* kembali.

#### *Collaboration* Diagram

*Collaboratioan Diagram* adalah cara alternatif untuk mengetahui tahap-tahap terjadinya suatu aktivitas. Perbedaan antara *Collaboration Diagram* dan *Squence Diagram* adalah *Collaboration Diagram* memperlihatkan bagaimana hubungan antara beberapa objek berdasarkan urutan dari pesan, sedangkan *Squence Diagram* memperlihatkan bagaimana urutan kejadian berdasarkan waktu.

##### Collaboration Diagram Login

*Collaboration Diagram* ini menjelaskan di mana *admin* perlu melakukan *login* dan sukses dalam validasi untuk mendapatkan hak akses *admin* dalam sistem, yang kemudian di alihkan ke halaman *home*. Dapat di lihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12. *Collaboration* Diagram *Login*

Pada *Collaboration* Diagram Gambar 4.12 terlihat bagaimana kolaborasi actor *admin* dengan sistem yang dibangun, diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat hak akses sistem dan sistem untuk menyimpan data sesi *admin* ke dalam sistem dan *database* sebagai penanda kalau *admin* tersebut sedang *login* saat sesi yang berlangsung.

Ketika *admin* sudah *login* *admin* di alihkan ke halaman *home* dan mendapat status dalam keadaan sesi *login*.

##### Collaboration Diagram Home

*Collaboration* *Diagram* ini menjelaskan di mana setelah *admin* perlu verifikasi bahwa dia adalah *admin* mendapatkan hak akses sebagai *admin*, kemudian *admin* tersebut dapat berkolaborasi dengan sistem seperti mengakses halaman *home*. Dapat di lihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13. *Collaboration* Diagram *Home*

Pada *Collaboration* Diagram Gambar 4.13 terlihat bagaimana kolaborasi actor *admin* dengan sistem yang dibangun, diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat hak akses sistem dan sistem untuk menyimpan data sesi *admin* ke dalam sistem dan *database* sebagai penanda kalau *admin* tersebut sedang *login* saat sesi yang berlangsung.

Ketika *admin* sudah *login* *admin* di alihkan ke halaman *home* dan mendapat status dalam keadaan sesi *login*, kemudian *admin* dapat selalu beriteraksi dengan halaman *home* dengan mengakses Kembali halaman *home* selama *admin* masih dalam sesi *login*.

##### Collaboration Diagram Data Klimatologi

*Collaboration* *Diagram* ini menjelaskan di mana setelah *admin* perlu verifikasi bahwa dia adalah *admin* mendapatkan hak akses sebagai *admin*, kemudian *admin* tersebut dapat mengelola Data Klimatologi dengan mengakses halaman Data Klimatologi, di mana *admin* dapat berkolaborasi dengan sistem seperti aksi *Create*, *Update* dan *Delete,* dan aksi selebihnya di tangani oleh sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.14 berikut.



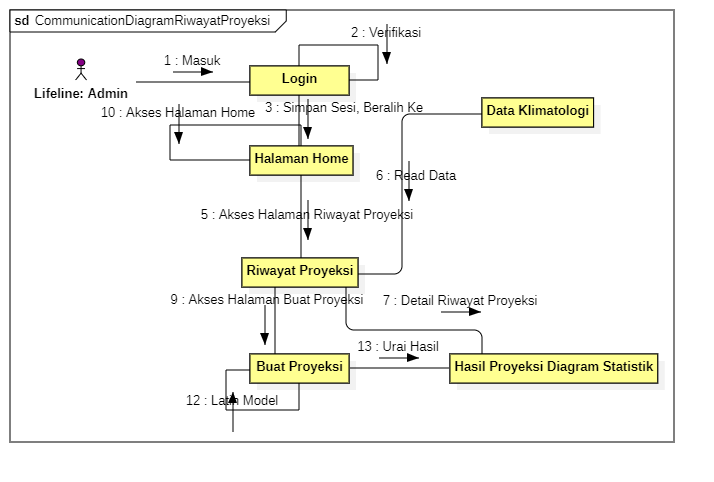
Gambar 4.14. *Collaboration* Diagram Data Klimatologi

Pada *Collaboration* Diagram Gambar 4.14 terlihat bagaimana kolaborasi actor *admin* dengan sistem yang dibangun, diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat hak akses sistem dan sistem untuk menyimpan data sesi *admin* ke dalam sistem dan *database* sebagai penanda kalau *admin* tersebut sedang *login* saat sesi yang berlangsung.

Ketika *admin* sudah *login* *admin* di alihkan ke halaman *home*, selanjutnya *admin* dapat berkolaborasi dengan Data Klimatologi untuk memanajemen Data Klimatologi seperti Tambah data edit data dan hapus Data Klimatologi.

##### Collaboration Diagram Riwayat Proyeksi

*Collaboration* Diagram ini menjelaskan di mana setelah *admin* perlu verifikasi bahwa dia adalah *admin* mendapatkan hak akses sebagai *admin*, kemudian *admin* tersebut berkolaborasi dengan melakukan Proyeksi dengan mengakses halaman Buat Proyeksi di dalam halaman Riwayat Proyeksi, selanjutnya peran sistemlah yang melakukan pengambilan data dan melatih data tersebut dengan model serta menguraikan hasilnya agar mudah di mengerti oleh *admin*. Dapat di lihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15. *Collaboration* Diagram Riwayat Proyeksi

Pada *Collaboration* Diagram Gambar 4.15 terlihat bagaimana kolaborasi actor *admin* dengan sistem yang dibangun, diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat hak akses sistem dan sistem untuk menyimpan data sesi *admin* ke dalam sistem dan *database* sebagai penanda kalau *admin* tersebut sedang *login* saat sesi yang berlangsung.

Ketika *admin* sudah *login* *admin* di alihkan ke halaman *home*, selanjutnya *admin* dapat berkolaborasi dengan Riwayat Proyeksi untuk mengakses fitur Proyeksi pada sistem, sistem berkolaborasi dengan membaca data table Klimatologi dari *database* Proyeksi untuk di tampilkan dan dapat di lihat oleh *admin*.

Ketika *admin* sudah di dalam halaman Riwayat Proyeksi *admin* dapat mengakses detail Proyeksi dari baris table Riwayat Proyeksi yang di lihat, *admin* juga dapat membuat Proyeksi baru dengan mengakses Buat Proyeksi dimana yang nantinya sistem melatih model dan menampilkan hasil Proyeksi berbentuk diagram statistik.

##### Collaboration Diagram Logout

*Collaboration Diagram* ini menjelaskan di mana setelah *admin* perlu verifikasi bahwa dia adalah *admin* mendapatkan hak akses sebagai *admin*, kemudian *admin* tersebut dapat memutuskan kolaborasi dengan sistem atau keluar dari sistem seperti melakukan *logout*, dan sistem berkolaborasi seperti membersihkan data sesi pada *admin* yang masih tersimpan. Dapat di lihat pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16. *Collaboration* Diagram *Logout*

Pada *Collaboration* Diagram Gambar 4.16 terlihat bagaimana kolaborasi actor *admin* dengan sistem yang dibangun, diawali *admin* harus melalui tahap *login* ke dalam sistem dan sistem melakukan validasi *form* yang di kirim, jika data yang di *input*kan sama dengan *database* maka *admin* dapat hak akses sistem dan sistem untuk menyimpan data sesi *admin* ke dalam sistem dan *database* sebagai penanda kalau *admin* tersebut sedang *login* saat sesi yang berlangsung.

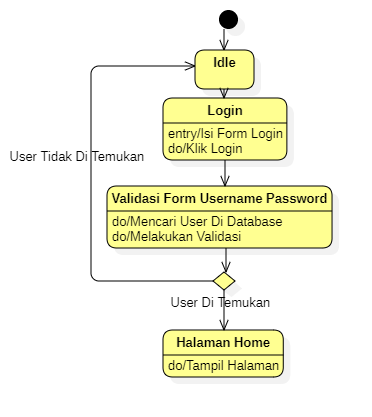
*Logout* hanya dapat di lakukan jika *admin* dalam sesi *login*, *admin* dapat berkolaborasi dengan mengakses *logout* dan permintaan di kirimkan ke *server*, kemudian *server* berkolaborasi dengan mengirimkan permintaan ke *database* agar data sesi *admin* yang berlangsung untuk di hapus dari *database* sekaligus sistem menghapus data sesi dari sistem.

#### *Statechart* Diagram

*Statechart diagram* menggambarkan peubahan status yang terjadi ketika sistem dijalankan. Peubahan yang terjadi pada suatu objek digambarkan oleh diagram ini dalam bentuk grafik berarah.

##### Statechart Diagram Login

*Statechart Diagram* ini memperlihatkan bagaimana alur perpindahan status *admin* dalam menggunakan sistem mulai dari authentikasi *login* sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.17 berikut.

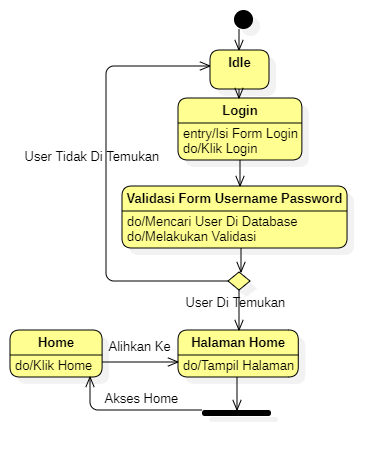


Gambar 4.17. *Statechart* Diagram *Login*

Dari *statechart* diagram pada Gambar 4.17 di atas dapat di lihat bagaimana alur perpindahan status pada *admin* saat *idle* hingga ke halaman *home*, di mana *admin* perlu melakukan entri *form* pada *login* dan klik *login*, kemudian sistem mencari *user* di *database* dan melakukan validasi, apabila *user* di temukan maka *admin* di teruskan ke halaman *admin*, apabila *user* tidak di temukan maka *admin* di alihkan kembali ke kondisi sebelumnya.

##### Statechart Diagram Home

*Statechart Diagram* ini memperlihatkan bagaimana alur perpindahan status *admin* dalam menggunakan sistem mulai dari authentikasi hingga klik halaman *home*. Dapat di lihat pada Gambar 4.18 berikut ini :

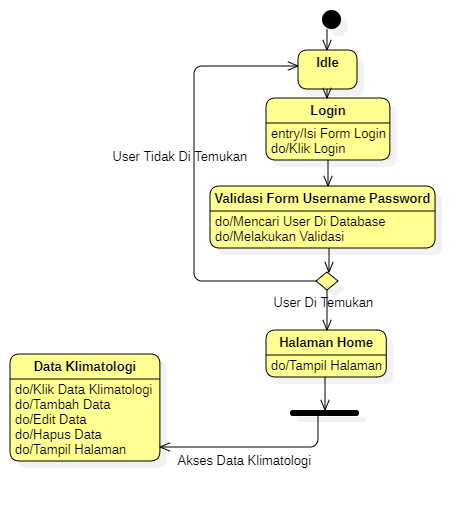


Gambar 4.18. *Statechart* Diagram *Home*

Dari *statechart* diagram pada Gambar 4.18 di atas Ketika *admin* sudah di verifikasi dan *admin* dalam keadaan status sebagai *admin* dapat mengeklik *home* agar di alihkan ke halaman *home*.

##### Statechart Diagram Data Klimatologi

*Statechart Diagram* ini memperlihatkan bagaimana alur perpindahan status *admin* dalam menggunakan sistem mulai dari authentikasi *login* hingga akses Data Klimatologi. Dapat di lihat pada Gambar 4.19 berikut ini :

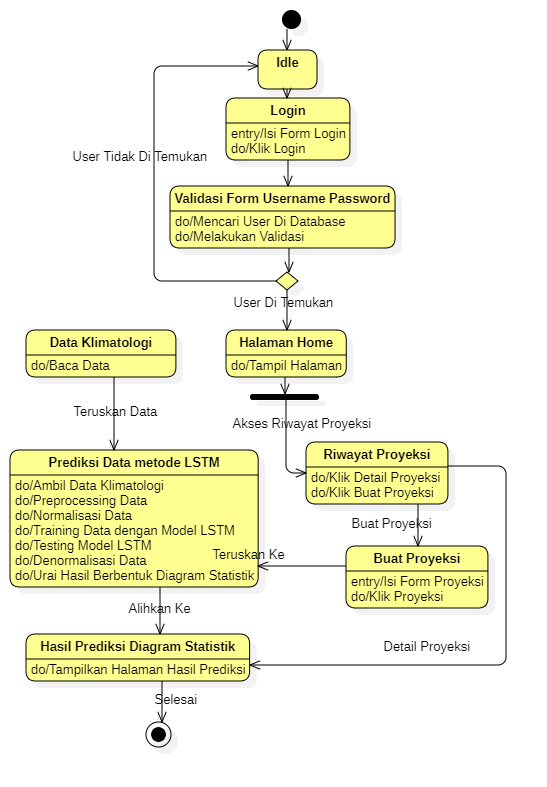


Gambar 4.19. *Statechart* Diagram Data Klimatologi

Dari *statechart* diagram pada Gambar 4.19 di atas Ketika *admin* sudah di verifikasi dan *admin* dalam keadaan status sebagai *admin* dapat mengakses Data Klimatologi, kemudian *admin* dapat melakukan operasi klik Data Klimatologi, Tambah data, Edit Data, Hapus Data.

##### Statechart Diagram Riwayat Proyeksi

*Statechart Diagram* ini memperlihatkan bagaimana alur perpindahan status *admin* dalam menggunakan sistem hingga melakukan Proyeksi data. Dapat di lihat pada Gambar 4.20 berikut ini :

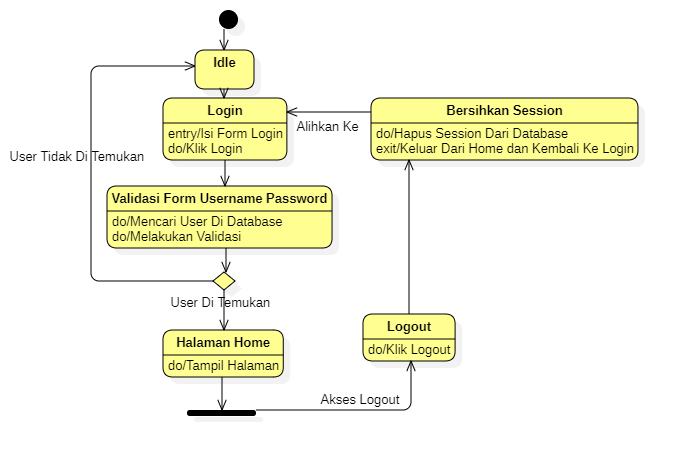


Gambar 4.20. *Statechart* Diagram Riwayat Proyeksi

Dari *statechart* diagram pada Gambar 4.20 di atas Ketika *admin* sudah di verifikasi dan *admin* dalam keadaan status sebagai *admin* dapat langsung menggunakan fitur Riwayat Proyeksi yang di buat khusus pada penelitian ini. *admin* yang sudah mengakases halaman buat proyeksi dapat mengisi *form* Proyeksi kemudian klik Proyeksi dan *state* selanjutnya diteruskan oleh sistem, pertama-tama sistem mengambil semua Data Klimatologi, *state* berikutnya sistem melakukan *preprocessing* pada data yang sudah di ambil, lalu melakukan normalisasi data, *state* berikutnya melakukan *training* data dengan model LSTM, lalu data yang sudah di latih kemudian di *testing*, *state* selanjutnya adalah untuk mengembalikan data ke nilai sebelumnya di lakukan denormalisasi data, *state* terakhir sistem menguraikan hasil dan menampilkan hasil berbentuk diagram statistik.

##### Statechart Diagram Logout

*Statechart Diagram* ini memperlihatkan bagaimana alur perpindahan status *admin* dalam menggunakan sistem dari melakukan authentikasi hingga melakukan *logout* sistem. Dapat di lihat pada Gambar 4.21 berikut ini :



Gambar 4.21. *Statechart* Diagram *Logout*

Dari *statechart* diagram pada Gambar 4.21 di atas Ketika *admin* sudah di verifikasi dan *admin* dalam keadaan status sebagai *admin* dapat mengeklik *logout* untuk keluar dari *state* *login*, kemudian sistem menghapus sesi dan sistem dan *database* dan mengembalikan *admin* ke halaman *login*.

#### *Deployment* Diagram

*Deployment diagram* menggambarkan detail bagaimana komponen di kembangkan dalam infrastruktur sistem, termasuk di mana komponen terletak protokol jaringan saling berkomunikasi satu sama lain, misalnya seperti tcp/ip dan protokol http, spesifikasi *server*, dan hal-hal lain yang bersifat fisik.



Gambar 4.22. *Deployment* Diagram

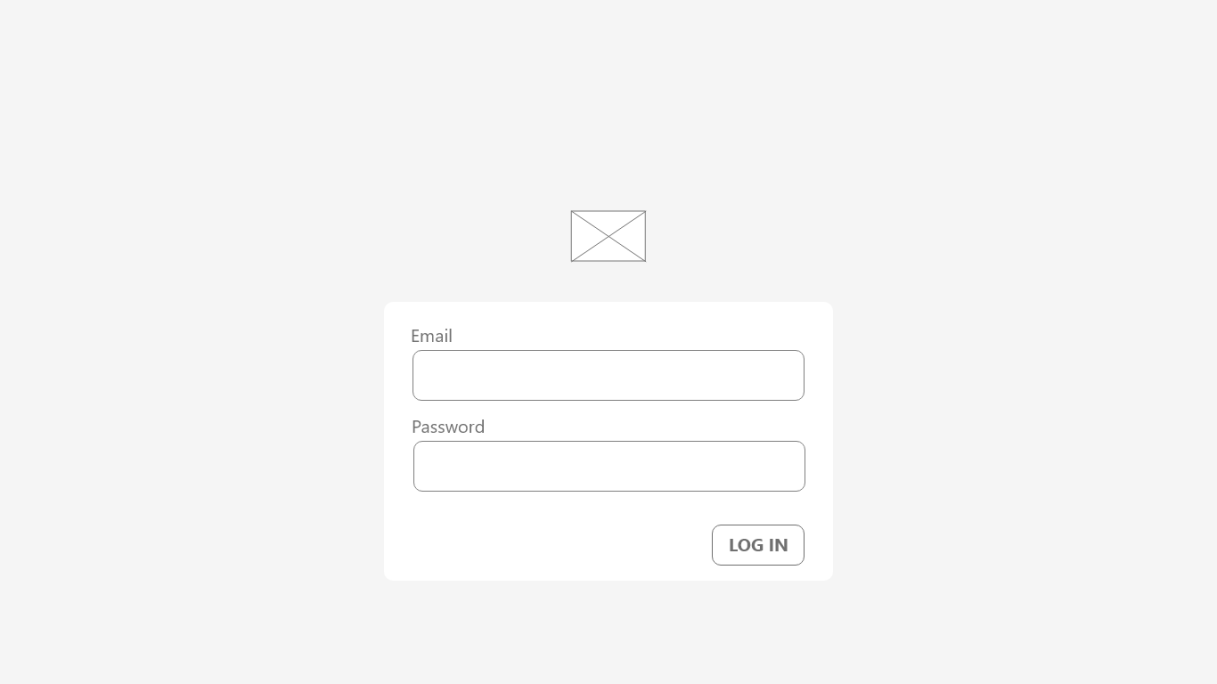
Pada Gambar 4.22 terlihat dari *admin* sebagai *user* *client* menggunakan *web* browser seperti chrome, mozilla, atau opera untuk berkomunikasi dengan *server* khususnya pada *web* *server* Django dengan protokol http dengan Port 80, dan *web* *server* tersebut juga berkomunikasi dengan *database* *server* khususnya API DBMS MySQL pada protokol jaringan tcp/ip Port 3306, dalam 1 lingkup *server* induk.

### Perancangan *Interface*

Desain *Interface* dilakukan dengan tujuan memberikan gambaran dari tampilan yang dilihat oleh *admin* pada saat menggunakan sistem, dan membangun aplikasi dengan memenuhi prinsip perancangan *interface* yang baik untuk *admin*. Dengan menggunakan *Adobe XD 2021* sebagai tools dalam sebagai rancangan desain sistem yang dibuat nantinya. Berikut adalah beberapa desain *interface* sistem Proyeksi pada penelitian ini :

#### Desain Halaman *Login*

Halaman *login* adalah tampilan awal kinerja proses di mana *admin* harus melakukan authentikasi terlebih dahulu sebelum memasuki sistem setelah *admin* *login* maka sistem mengarah ke halaman *home* *admin*. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.23 berikut :

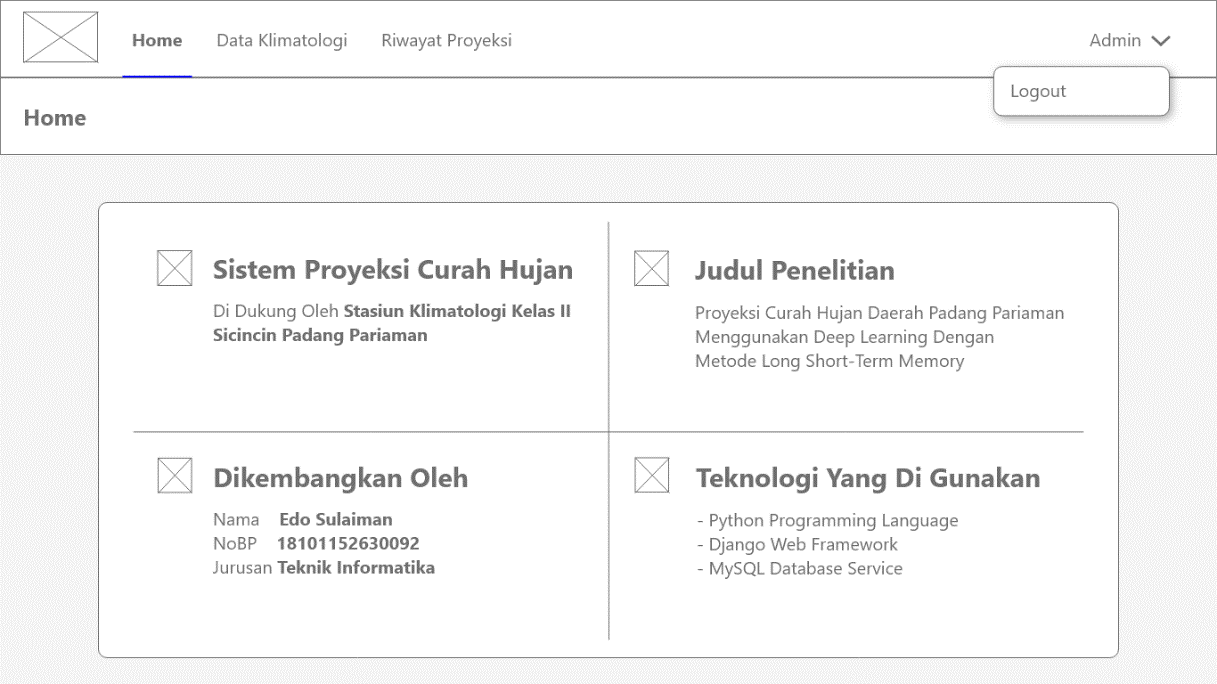


Gambar 4.23. Desain Halaman *Login*

Pada Gambar 4.23di atas terdapat *form* *input* *email* dan password untuk authentikasi *admin* agar sistem dapat mengirimkan informasi data *login* ke *server*.

#### Desain Halaman *Home*

Setelah *admin* lolos pada tahap autentikasi *admin* masuk pada halaman *home* sebagai landasan halaman untuk menelusuri halaman sistem lainnya. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.24 berikut :

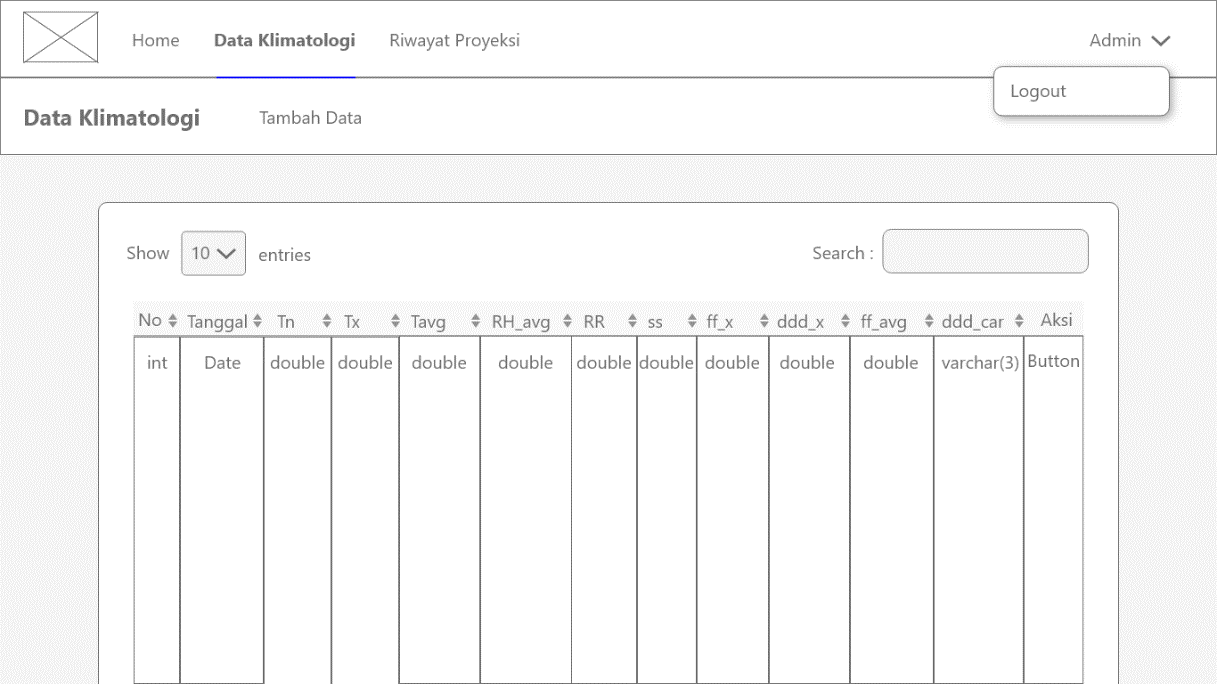


Gambar 4.24. Desain Halaman *Home*

PadaGambar 4.24halaman *home* merupakan halaman landasan yang memperlihatkan tentang sistem yang di gunakan, terdapat tombol *logout* di opsi *dropdown* pada sudut kanan atas apabila *admin* ingin keluar dan mengakhiri sesi akses sistem yang sedang berlangsung.

#### Desain Daftar Tabel Data Klimatologi

Halaman Data Klimatologi berbentuk daftar tabel dari Data Klimatologi, di mana *admin* dapat melihat potongan-potongan dari keseluruhan data berbentuk tabel. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.25 berikut :

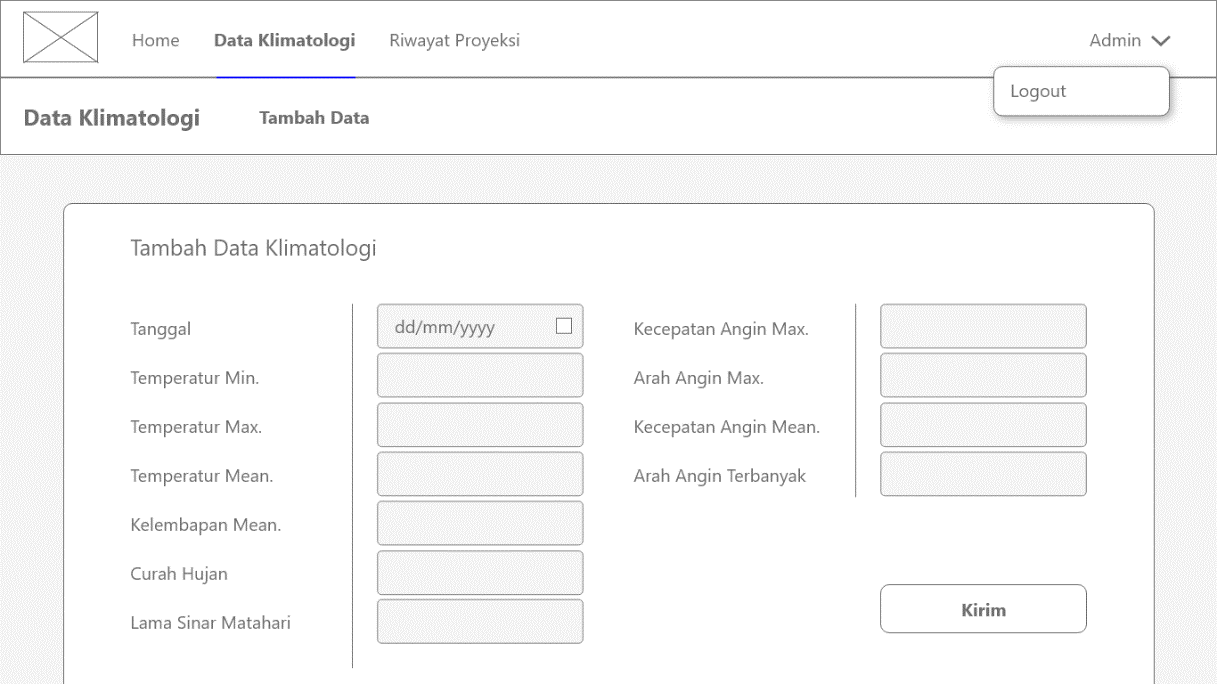


Gambar 4.25. Desain Daftar Tabel Data Klimatologi

Pada Gambar 4.25terdapat tombol Tambah data apabila *admin* ingin melakukan penambahan Data Klimatologi, kemudian juga terdapat *input* *search* dan *show* *option* yang dapat membantu *admin* dalam mencari data yang di kelola dan terdapat kolom aksi agar *admin* dapat menghapus atau beubah data dari baris tabel yang bersangkutan.

#### Desain *Form* Tambah Data Klimatologi

*Admin* langsung berpindah ke halaman Tambah Data Klimatologi apabila *admin* melakukan aksi klik tombol Tambah data pada halaman daftar tabel Data Klimatologi seperti yang terlihat pada Gambar 4.25. Pada halaman Tambah data inilah *admin* dapat mengisi informasi data yang di tambahkan. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.26 berikut :

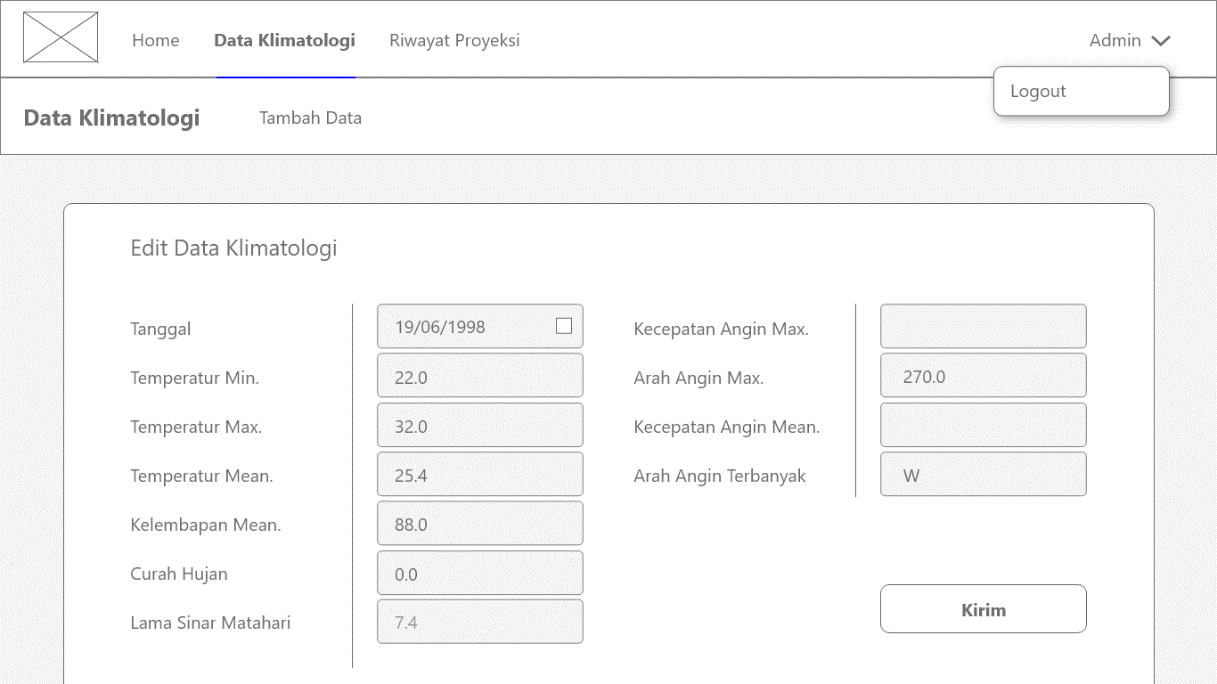


Gambar 4.26. Desain *Form* Tambah Data Klimatologi

Pada Gambar 4.26terdapat *input* *form* tanggal bertipe *datepicker* dan selainya merupakah *input* *form* *text* dan terdapat 1 tombol kirim untuk mengirimkan informasi permintaan Tambah data ke *server*.

#### Desain *Form* Edit Data Klimatologi

Apabila *admin* mengakses tombol edit data pada kolom aksi pada tabel yang terdapat pada Gambar 4.25 *admin* langsung di alihkan ke halaman edit Data Klimatologi. Seperti yang terlihat pada rancangan desain padaGambar 4.27 berikut :

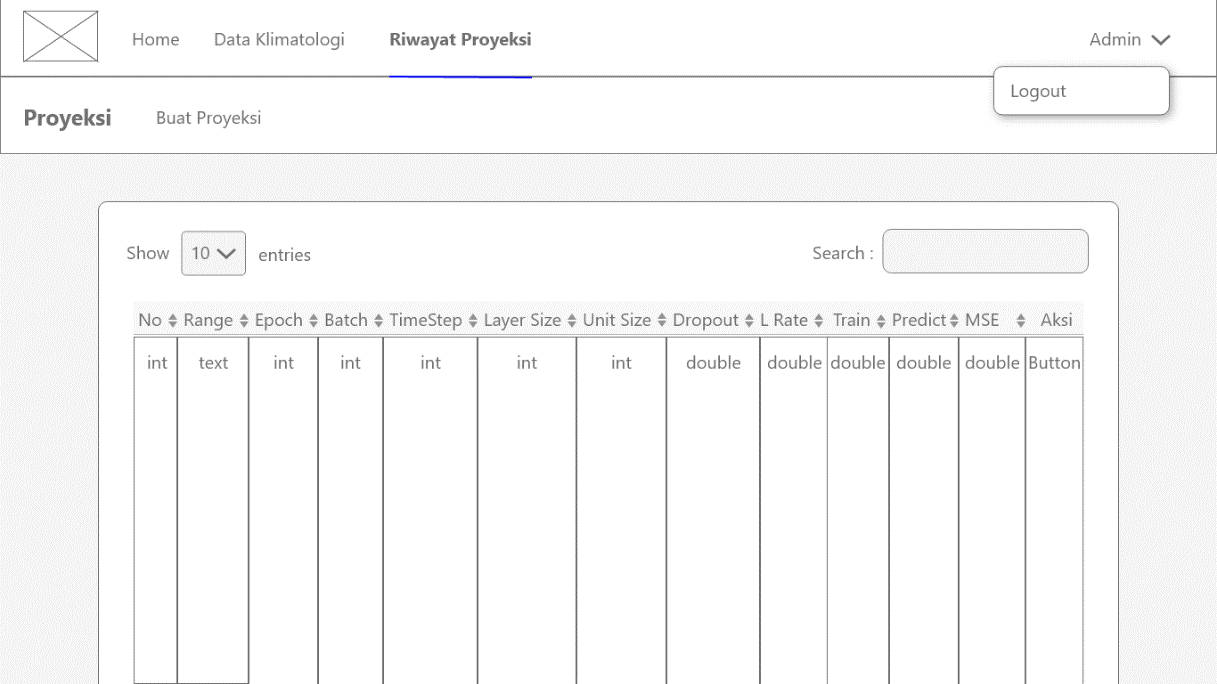


Gambar 4.27. Desain *Form* Edit Data Klimatologi

Pada Gambar 4.27 *form* *input* *text* dan *datepicker* secara otomatis terisi sesuai dengan data dari tombol edit yang di akses pada daftar tabel Data Klimatologi sebelumnya.

#### Desain Tabel Riwayat Proyeksi

Halaman Riwayat Proyeksi berbentuk daftar tabel dari Riwayat Proyeksi, di mana *admin* dapat melihat potongan-potongan dari keseluruhan data berbentuk tabel. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.28 berikut :

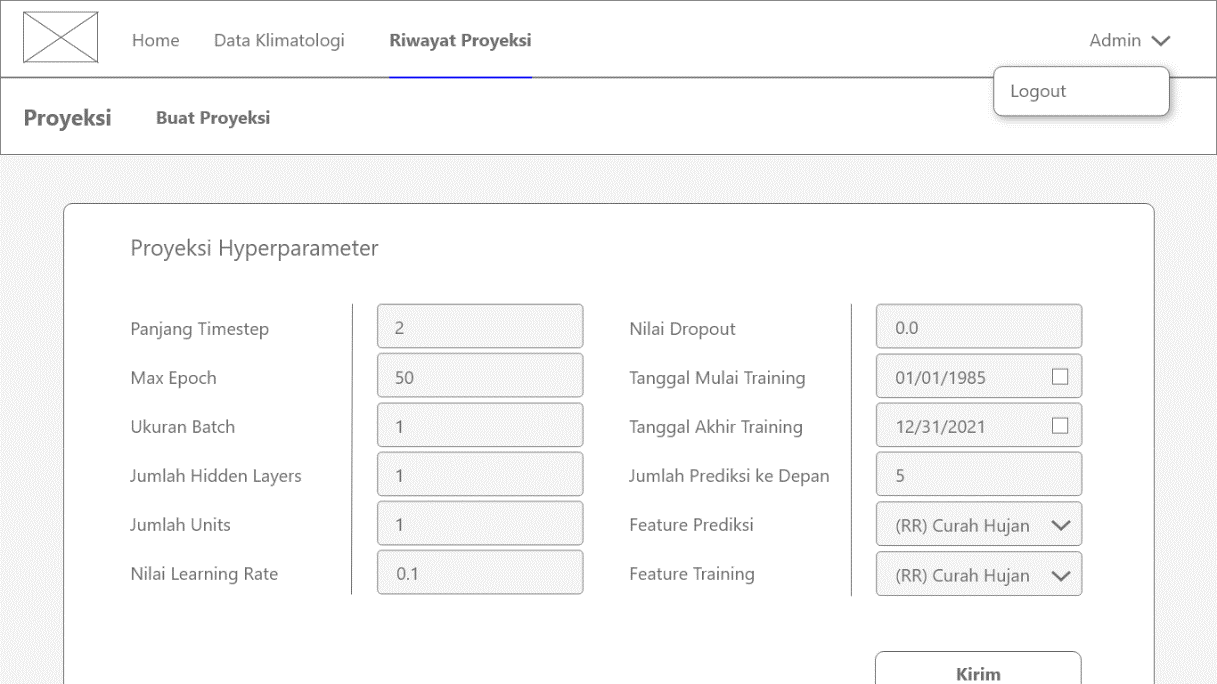


Gambar 4.28. Desain Tabel Riwayat Proyeksi

Pada Gambar 4.28 terdapat tombol Buat Proyeksi apabila admin ingin melakukan Proyeksi baru Data Klimatologi, kemudian juga terdapat *input* *search* dan *show* *option* yang dapat membantu admin dalam mencari data yang di kelola dan terdapat kolom aksi agar admin memilih detail dari bari data Riwayat Proyeksi yang di pilih.

#### Desain *Form* Buat Proyeksi

Halaman Proyeksi berbentuk *form* *input*, di mana *admin* dapat membuat opsi untuk prediksi yang di lakukan oleh sistem. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.28 berikut :

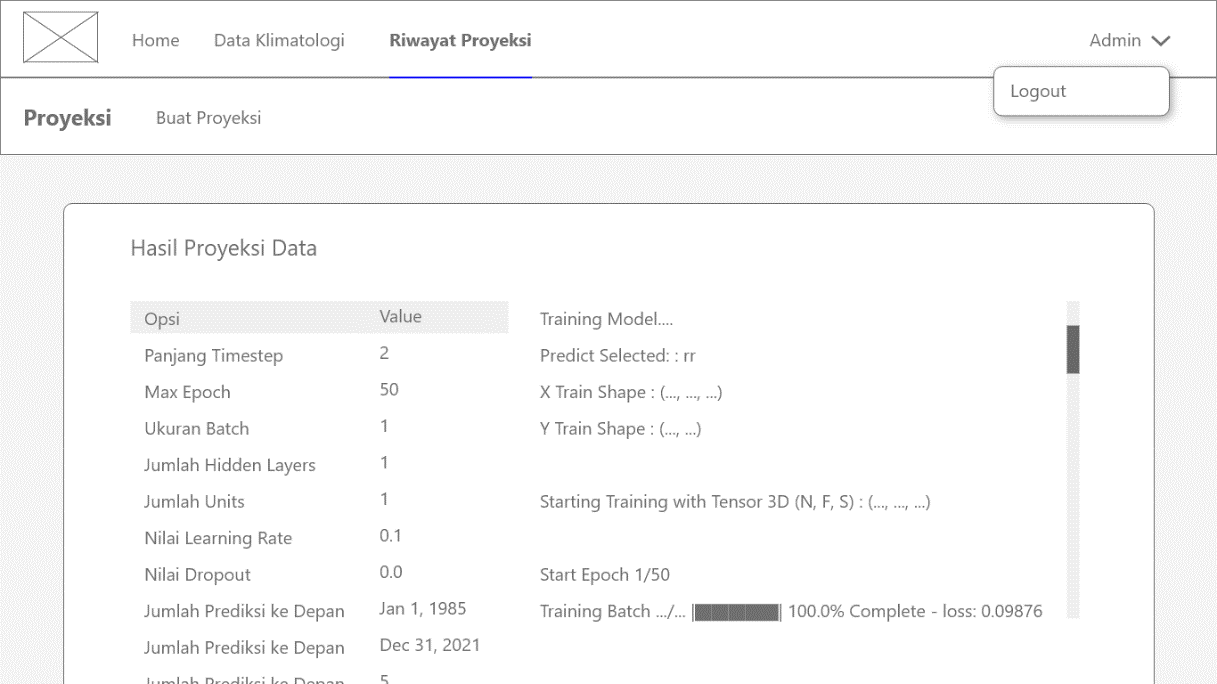


Gambar 4.29. Desain *Form* Buat Proyeksi

Pada Gambar 4.28 terdapat *input* *form* tanggal bertipe *datepicker* dan *input* *form select option* bertipe opsi text untuk memilih *feature* data untuk training dan *feature* data untuk Prediksi dan selainya merupakah *input* *form* *text* dan terdapat 1 tombol kirim untuk mengirimkan nilai *hyperparameter* yang sudah di *input*kan sehingga bisa di kirim permintaan ke *server* untuk di lakukan sebuah proyeksi.

#### Desain Hasil Proyeksi Data

Setelah *admin* membuat opsi untuk prediksi dan klik tombol kirim seperti yang terlihat pada Gambar 4.28 *admin* di harapkan untung menunggu beberapa menit hingga proses *training* model dan prediksi mode selesai hingga mendapatkan respons dari *server*. Seperti yang terlihat pada rancangan desain pada Gambar 4.30 berikut :



Gambar 4.30. Desain Hasil Proyeksi Data

Pada Gambar 4.30 respons hasil Proyeksi terlihat dalam bentuk detail nilai *hyperparameter* yang di *input*kan sebelumnya dan juga catatan garis waktu proses algoritma Proyeksi berjalan mulai dari *preprocessing* data, *training* model, *testing* model, Prediksi model. Untuk hasil akhir di tampilkan bentuk grafik statistik sehingga lebih menarik untuk di lihat dan di pahami, mulai dari data asli, hasil *training*, hasil *testing*, maupun hasil Prediksi, nilai *error* hasil *training* dan *testing* data juga di tampilkan pada bagian akhir dari halaman hasil Proyeksi.

# BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

## Implementasi Sistem

Implementasi Sistem merupakan tahap dalam alur siklus hidup mengembangkan sistem. Sebuah implementasi diperlukan agar perancangan *interface* dan penelitian kode program sesuai dengan sistem yang dirancang ataupun yang telah di analisa sebelumnya.

Untuk melakukan atau mengimplementasikan program aplikasi yang telah dirancang, maka diperlukan sebuah alat bantu berupa komputer, yang mana untuk mengoperasikan komputer itu sendiri yang memerlukan tiga buah komponen pendukung seperti *hardware, software,* dan *brainware.*

### *Hardware*

*Hardware* yang di gunakan dalam implementasikan program yang telah di rancang berupa satu *unit* komputer atau laptop yang lengkap keseluruhan perangkatnya. Berikut Spesifikasi minimum dari Perangkat Keras / *Hardware* yang di butuhkah dalam menjalankan sistem sebagai berikut :

1. CPU Quad Core @ 2.00GHz, atau lebih
2. *Memory* RAM 4GB, atau lebih
3. Partisi Penyimpanan 20GB, atau lebih

### *Software*

Untuk menjalankan sistem yang dirancang harus menggunakan beberapa dependensi dan *software* pendukung, beberapa *software* pendukung yang harus di instal berfungsi untuk tempat menjalankan sistem tersebut. Berikut beberapa Versi Perangkat Lunak / *Software* yang di butuhkah dalam menjalankan sistem sebagai berikut :

1. Sistem Operasi *Windows* 7 64-bit, atau lebih
2. Bahasa Pemrograman *Python* v.3.6.0 s/d v.3.9.0
3. MySQL Ver 8.0, atau lebih

### *Brainware*

*Brainware* merupakan *operator* yang berfungsi untuk mengoperasikan atau menjalankan program. Seorang *operator*/*brainware* dalam sistem ini diharapkan memiliki pengalaman dalam mengoprasikan komputer sekaligus memiliki pengetahuan dalam hal kecerdasan buatan terutama dalam permasalahan jaringan syaraf tiruan. Ketiga komponen di atas memiliki komponen abstrak dari susunan sistem komputer dan *hardware* dan memiliki fungsi jika digunakan bersama-sama dengan *software* sedangkan *brainware* adalah orang yang mengoperasikan program, tanpa *brainware* komputer tidak bisa beroperasi.

### Lingkungan Implementasi

Dalam implementasi dan pengujian peneliti menggunakan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak dan Bahasa pemograman *python* termasuk beberapa *module* beserta dependensi yang di butuhkah dalam Bahasa pemograman *python* yang di gunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

#### Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat Keras yang di gunakan untuk menunjang proses implementasi pembuatan program dan pengujian sistem yang menggunakan perangkat *device* laptop dengan spesifikasi hardware atau perangkat keras yang di jabarkan sebagai berikut :

1. Laptop ASUS Model A445LAB
2. CPU Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz (4 CPUs)
3. *Memory* RAM 12GB
4. Partisi Penyimpanan Samsung SSD 870 EVO 250GB
5. GPU Intel(R) HD Graphics 5500

#### Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat Lunak atau *Software* yang di gunakan untuk menunjang proses implementasi pembuatan program dan pengujian sistem menggunakan beberapa software sistem operasi, web browser, *database*, dan Bahasa pemograma yang di jabarkan sebagai berikut :

1. Sistem Operasi *Windows* 11 Pro 64bit (Build 22000.778)
2. Google Chrome (64-bit)
3. Bahasa Pemrograman *Python* v.3.9.0 (64-bit)
4. MySQL Ver 8.0.23 (64-bit)

### Proses Instalasi

Dalam tahap implementasi dan perancangan sistem yang di rancang diperlukannya sebuah sistem operasi *windows*, *software* dan *module* atau dependensi pendukung untuk Bahasa pemograman python yang digunakan sebagai *web* *server* untuk mengetahui hasil dari sistem yang sudah dibuat.

#### Tahap Instalasi Bahasa Pemograman *Python*

*Python* merupakan Bahasa pemrograman interpretatif, versi yang di gunakan merupakan versi 3.9.0 yang dapat di download *website* resmi *python* di [www.*python*.org](http://www.python.org), Perlu di lakukan instalasi dan konfigurasi terlebih dahulu agar bahasa pemrograman *python* dapat berjalan pada perangkat yang di gunakan. Adapun tahap instalasi dan konfigurasinya sebagai berikut :

1. Klik 2 kali pada tampilan logo *file* *Windows* *Installer Package* *Python* versi 3.9.0 yang sudah terdownload pada *web browser* di *website* resmi *software* *python programming language* [*www.python.org*](http://www.python.org), seperti tampilan Gambar 5.1 di bawah ini.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Gambar 5.1. Antarmuka Awal Instalasi *Python*

Pada Gambar 5.1 centang opsi *Install launcher for all users (recommended),* dan centang juga pada opsi *Add Python 3.9 to PATH*, lalu setelah itu langsung klik pada tombol *Install Now* untuk opsi install bawaan yang terdapat pada *file* *Windows* *Installer Package* *Python,* atau memilih opsi *Customize installation* untuk opsi lebih lanjut pada installasi Bahasa pemograman *python,* untuk penelitian ini peneliti memilih opsi *Install Now.*

1. Kemudian proses instalasi dari pilihan opsi installasi *Install Now* pada *file* *installer* *Bahasa permograman python* di mulai, tunggu hingga beberapa saat hingga proses bar proses instalasi selesai, proses instalasi terlihat seperti Gambar 5.2 di bawah ini :

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Gambar 5.2. Antarmuka Bar Proses Instalasi *Python*

Pada Gambar 5.2 proses installasi yang berjalan akan memakan waktu hingga beberapa menit maupun bebebrapa saat, tergantung kecepatan *processor* dan spesifikasi hardware atau perangkat keras dari sistem yang di gunakan pada proses installasi Bahasa Pemograman *Python.*

1. Terakhir ketika proses instalasi Bahasa pemograman *pyhton* telah sukses di install. Tampilan antarmuka file installasi Bahasa Pemograman *Python* menampilkan antarmuka instalasi yang terlihat seperti pada Gambar 5.3 di bawah ini :

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Gambar 5.3. Antarmuka Installasi *Python* Berhasil

Ketika proses installasi sudah selesai tampil seperti Gambar 5.3 dimana Bahasa pemograman *pyhton* sudah terinstall di dalam sistem yang di implementasikan, selanjutnya dapat menutup proses inatallasi dengan menklik *Close,*  atau memilih beberapa opsi seperti *online tutorial, documentation* untuk petuntuk dalam penggunakan Bahasa Pemograman *Python.*

1. Untuk memastikan *Python* sudah terinstal dan *Python PATH* sudah terdaftar pada *windows environment variables* dapat di lihat dengan memberikan sebuah perintah pada terminal pada sistem operasi yang di gunakan, seperti yang terlihat pada Gambar 5.4 berikut.

Text

Description automatically generated

Gambar 5.4. Perintah Melihat Versi *Python* yang Terinstall

Untuk melihat versi Bahasa pemograman *python* yang terinstall seperti pada Gambar 5.4 dapat di lakukan dengan membuka program *powershell* atau *command prompt* bawaan *windows* 11, lalu ketik memerapa perintah seperti *“python –version”* untuk menampilkan versi Bahasa pemograman *python* yang terinstall*.*

#### Tahap Instalasi *Module* Dependensi *Python*

*Module* pada *python* merupakan blok-blok kode yang memiliki peran peran tertentu biasanya memiliki nama tersendiri, yang bertugas untuk menyelesaikan satu set perintah tertentu, bisa di anggap sebagai pekakas tertentu yang dapat di panggil dari bagian program manapun. Adapun tahap instalasi dan konfigurasinya sebagai berikut :

1. Pertama sekali persiapkan terminal yang akan di gunakan seperti *command prompt*, *powershell, linux bash, unix shell,* dan lain-lain, sebagai contoh peneliti yang di sini menggunakan *software* terminal *powershell* bawaan sistem operasi *Windows 11 profesional*.
2. Kemudian masuk ke direktori tempat program sistem di simpan, contohnya pada *powershell* peneliti meletakan program sistem pada lokasi direktori *“C:\Users\Sulai\Documents\Skripsi\Proyeksi”* dimana tempat direktori *root* dari program yang di rancang.
3. Lalu ketika terminal sudah berada di dalam direktori *root* tempat program sistem yang di rancanng di letakkan, selanjutnya ketik perintah *“pip install -r requirements.txt”,* lalu tekan *Enter* pada keyboard, seperti yang terlihat pada Gambar 5.5 berikut :

Text

Description automatically generated

Gambar 5.5. Perintah Untuk Menginstall *Module* *Python* yang di Butuhkan

Pada Gambar 5.5 ketika menjalankan perintah *“pip install -r requirements.txt”* seperti yang terlihat, pastikan terdapat file bernama *“requirements.txt”* sebagai referensi *library* dari *module* yang akan di install, yang terdapat di direktori *root* atau dimana termpat terminal mengeksekusi perintah.

1. Kemudian saat muncul tampilan *bar* installasi *module* pada layar laptop, tunggu beberapa saat hingga tergantung kecepatan internet yang di gunakan hingga bar pada proses instalasi benar-benar selesai dan tanpa muncul notifikasi pesan *error*, seperti Gambar 5.6 yang ada di bawah ini :

Text

Description automatically generated

Gambar 5.6. *Python* Melakukan Installasi *Module* Yang di Butuhkan

Pada Gambar 5.6 proses installasi memerlukan jaringan koneksi internet dimana kecepatan installasi berpengaruh pada kualitas jaringan yang di gunakan sekaligus spesifikasi hardward dari sistem yang di gunakan, agar proses installasi dapat berjalan dengan cepat dan lancar, ketika proses installasi sudah selesai tanpa muncul notfikasi pesan *error* apapun maka proses installasi *module* *pyhton* di anggap sudah selesai.

#### Tahap Instalasi MySQL

*Python* merupakan Bahasa pemrograman interpretatif, versi yang di gunakan merupakan versi 3.9.0 yang dapat di download *web*site resmi *python* di dev.mysql.com, Perlu di lakukan instalasi dan konfigurasi terlebih dahulu agar bahasa pemrograman *python* dapat berjalan pada perangkat yang di gunakan. Adapun tahap instalasi dan konfigurasinya sebagai berikut :

1. Klik 2 kali pada file *Windows* Installer Package MySQL Community versi 8.0.23.0 yang sudah di download pada *web*site resmi MySQL di [*dev.mysql.com/downloads/inslatter*](http://www.python.org) dan tampil antarmuka seperti Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.7. Antarmuka Awal Instalasi MySQL

Pada Gambar 5.7 centang pada opsi *Developer Default* untuk mode installasi semua produk yang di butuhkan untuk tujuan pengembangan menggunakan MySQL, memilih opsi *Server Only* apabila hanya ingin menginstall produk MySQL Server, memilih opsi *Client Only* apabila hanya ingin menginstall produk MySQL Client dan beberapa *feature* pendukung, atau memilih opsi *Full* apabila ingin menginstall semua produk MySQL Community dan seluruh *feature* pendukung*,* atau opsi terakhir *Custom* untuk menginstall, untuk penelitian ini peneliti akan menginstall MySQL Community dengan memilih opsi *Custom* untuk opsi installasi*,* setelah itu untuk menyeleksi pada produk aplikasi mysql yang akan di install, selanjutnya klik pada tombol *Next* di atas untuk lanjut di tahap berikutnya*.*

1. Kemudian saat muncul antarmuka atau tampilan berikutnya yaitu adalah antarmuka *select products* untuk menentukan feature dan produk dari MySQL *Installer* *Community* yang akan di install pada sistem yang di implementasikan, seperti pada Gambar 5.8 di bawah ini :

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.8. Antarmuka Select Products pada Instalasi MySQL

Pada Gambar 5.8 terlihat beberapa product mysql yang dapat di install ke dalam sistem, untuk implementasi dalam penelitian ini product yang di butuhkan hanya berupa *MySQL Server 8.0.28 – X64* dan *Connector/Python 8.0.28 – X62,* setelah di lakukan seleksi product, tahap selanjutnya klik *Next.*

1. Setelah saat proses seleksi pada produk telah selesai di lakukan kemudian pada tahap selanjutnya installer langsung mengarahkan antarmuka installasi ke dalam antarmuka konfirmasi *installation* seperti yang akan terlihat pada Gambar 5.9 berikut ini.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.9. Antarmuka Installation pada MySQL

Pada Gambar 5.9 terlihat hasil seleksi product dari proses sebelumnya dimana *MySQL Installer* memastikan produk yang di install tersedia dalam 1 *pack* installer yang di download yang bertuliskan *Ready to Install*, apabila versi yang di ambil tidak terdapat dalam *pack* installer yang di download maka status bertuliskan Download yang menandakan product tersebut harus di download untuk di install. Setelah semua persiapan sudah lengkap tahap selanjutnya melakukan install product dengaan klik *Execute.*

1. Setelah semua opsi sudah sesuai kebutuhan yang di perlukan kemudian tahap selanjutnya klik pada saat tombol *Execute*, maka proses installasi produk MySQL Community 8.0.23.0 berjalan beberapa saat seperti yang akan terlihat pada Gambar 5.10 yang ada berikut ini.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Gambar 5.10. Antarmuka Proses Instalasi MySQL

Pada Gambar 5.10 yang terlihat proses akan installasi memakan waktu hingga beberapa menit tergantung spesifikasi hardware atau perangkat keras pada sistem yang di implementasikan, apabila installasi membutuhkan download tulisan *installing* pada kolom status akan berubah menjadi *downloading* maka di butuhkan koneksi internet pada proses installasi hingga proses selesai.

1. Setelah saat proses instalasi produk MySQL Community 8.0.28 selesai maka pada kolom status produk yang selesai di install bertuliskan *Complete,* maka proses installasi pada produk tertentu dianggap sudah selesai seperti yang terlihat pada Gambar 5.11 yang ada berikut ini.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Gambar 5.11. Antarmuka Instalasi Produk MySQL Berhasil

Pada Gambar 5.11 proses installasi sudah dapat di katakan selesai di karenakan semua produk yang di install pada kolom status sudah bertuliskan *Complete* yang menandakan proses installasi produk yang di inginkan telah berhasil, kemudian lanjut ke tahap selanjutnya dengan klik *Next.*

1. Pada tahap yang selanjutnya semua produk MySQL Community 8.0.28 yang di install harus melakukan persiapan beberapa konfigurasi sistem maupun konfigurasi authentikasi sesuai produk yang di install seperti yang terlihat pada Gambar 5.12 yang ada berikut ini.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.12. Antarmuka Permintaan Konfiguasi Setelah Instalasi MySQL

Pada Gambar 5.12 terlihat beberapa produk yang di install memerlukan konfirmasi untuk konfigurasi awal seperti konfigurasi sistem maupun konfigurasi authentikasi untuk produk *MySQL Server 8.0.28* seperti yang terlihat pada Gambar 5.12, untuk melanjut ke tahap konfigurasi klik *Next.*

1. Saat menu konfigurasi tampil sesuai opsi produk yang di install maka akan tampil halaman konfigurasi sistem maupun konfigurasi authentikasi pada antarmuka installasi dari konfirmasi tahap sebelumnya, seperti yang akan terlihat pada Gambar 5.13 berikut.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Gambar 5.13. Antarmuka *Type and Networking* Pada Installasi MySQL

Seperti yang terlihat pada Gambar 5.13 beberapa konfigurasi perlu di atur sesuai kebutuhan yang di inginkan, untuk penelitian ini peneliti mengkonfigurasi *Config Type* sebagai *Server Computer* untuk konfigurasi lainnya di biarkan sebagai pengaturan bawaan, kemudian untuk lanjut ke tahap selanjtunya klik *Next.*

1. Setelah tahap konfigurasi *Type and Networking* selesai di lakukan kemudian pada tahap selanjutnya melakukan konfigurasi *Authentication Method* untuk proses authentikasi produk MySQL yang di gunakan, seperti yang terlihat pada Gambar 5.14 berikut.

Graphical user interface, text, application, Word

Description automatically generated

Gambar 5.14. Antarmuka Authentication Method Pada Installasi MySQL

Pada Gambar 5.14 diperlukan konfigurasi authentikasi untuk menggunakan product *MySQL Server 8.0.28* dengan memilih tipe enkripsi yang di gunakan sesuai versi MySQL yang di dukung, untuk penelitian ini peneliti memilih *Use String Password Encryption for authentication (RECOMMENDED)* dari tipeenkripsiautehntikasi yang di gunakan, kemudian untuk lanjut ke tahap selanjutnya klik *Next.*

1. Setelah memilih tipe Encripsi dari proses authentikasi yang ingin di gunakan maka tahap selanjutnya installer langsung menampilkan antarmuka *Accounts and Roles* untuk mengelola beberapa akun termasuk akun *root* untuk proses authentikasi,seperti yang terlihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15. Antarmuka Accounts and Roles Pada Installasi MySQL

Pada Gambar 5.15 diperlukan pengisian *MySQL Root Password* yang di gunakan untuk authentikasi product *MySQL Server 8.0.28* dan pengisian *Repeat Password* untuk memastikan password yang di masukkan tidak ada kekeliruan pada submenu *MySQL User Accounts* dapat membuat beberapa termasuk menentukan *privilege* dari beberapa akun yang di buat sesuai yang di inginkan*,* untuk lanjut ke tahap berikutnya klik *Next.*

1. Setelah berhasil menyimpan *password* *root* dan memanage beberapa akun sesuai *privilege* masing-masing maka *installer* langsung mengalihkan antarmuka ke halaman konfigurasi sistem seperti konfigurasi *windows service* untuk MySQL Server seperti yang terlihat pada Gambar 5.16 berikut.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.16. Antarmuka Windows Service Pada Installasi MySQL

Pada Gambar 5.16 diperlukan pengisian informasi *windows service* agar program *MySQL Server 8.0.28* dapat berjalan d sebagai latar belakang, dari awal ketika computer di hidupkan hingga komputer di matikan dimana *MySQL Server 8.0.28* otomatis di hidupkan tanpa perlu menghidupkanya secara manual*,* kemudianketika sudah klik *Next.*

1. Saat ketika semua proses konfigurasi mulai dari konfigurasi authentikasi hingag konfigurasi sistem untuk MySQL selesai dilakukan maka *installer* langsung mengalihkan ke halaman antarmuka *Apply Configuration* seperti yang terlihat pada Gambar 5.17 berikut.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.17. Antarmuka Apply Configuration Pada Installasi MySQL

Pada Gambar 5.17 MySQL *Community installer* langsung memperlihatkan beberapa konfigurasi yang telah di atur pada tahap sebelumnya, dimana kemudian MySQL Community Installer memastikan konfigurasi yang di simpan sudah sesuai yang di harapkan, kemudian untuk memproses dan menyimpan konfigurasi yang telah di atur dapat di lakukan dengan klik *Execute*.

1. Saat setelah memilih Execute pada antarmuka installasi *Apply Configuration* pada tahap sebelumnya kemudian proses pemasangan dan penyimpanan konfigurasi langsung di lakukan beberapa Langkah yang bisa dilihat seperti yang terlihat pada Gambar 5.18 berikut :

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.18. Antarmuka Proses Apply Configuration MySQL

Pada Gambar 5.18 terdapat juga proses pemasangan dan penyimpanan konfigurasi yang di lakukan hingga semua opsi di proses telah tercentang hijau, sehingga yang menandakan semua proses konfigurasi diatas telah selesai di lakukan dengan benar.

1. Setelah mengikuti semua rangkaian penjelasan proses pemasangan dan penyimpanan di dalam penjelasan konfigurasi di atas maka akan tampil semua proses opsi konfigurasi bewarna hijau seperti yang terlihat di bawah ini pada Gambar 5.19.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.19. Antarmuka Instalasi MySQL Selesai

Pada Gambar 5.19 terlihat pesan balasan *The configuration for MySQL Server 8.0.28 was successful. Click Finish to continue* menandakan semua proses telah selesai di lakukan, maka proses installasi dapat di akhiri dengan menekan tombol *Finish.*

1. Untuk memastikan *MySQL Server* sudah terinstal dan *MySQL PATH* sudah terdaftar pada *windows environment variabels* dapat di lihat dengan memberikan sebuah perintah pada terminal *windows* seperti yang terlihat pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5.20. Perintah Melihat Versi *MySQL* yang Terinstall

Untuk melihat versi *MySQL Server* yang terinstall dapat di lihat seperti pada Gambar 5.20 dapat di lakukan dengan membuka program *powershell* atau *command prompt* bawaan *windows* 11, lalu ketik memerapa perintah seperti *“mysql –version”*, maka akan untuk versi dari *MySQL Server* yang terinstall di sistem.

1. Kemudian setelah mengikuti proses di atas, maka akan tampil tambahan apabila proses authentikasi saat menggunakan *database* MySQL yang di inginkan nantinya tidak menggunakan password dapat di lihat seperti yang terlihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5.21. Antarmuka Awal Instalasi MySQL

Pada Gambar 5.21 terlihat perintah terminal yang berfungsi untuk mngubah password authentikasi untuk menggunakan *database* *MySQL Server* menjadi kosong seperti yang terlihat dengan mengetik perintah *mysqladmin -u root -p’root’ password ’’* dengan begitu password untuk authentikasi menjadi kosong.

## Pengujian Sistem

Pengujian system merupakan tahap dalam melakukan sebuah implementasi untuk mengetahui kesalahan dalam sistem. maka diperlukan program komputer yaitu pengujian *interface* dan penelitian kode program sesuai dengan sistem yang dirancang.

### Pengujian *Interface*

Pengujian *interface* merupakan mekanisme komunikasi antara pengguna dengan system, yang meliputi tampilan layer yang menyediakan navigasi di dalam systemdilakukan agar interaksi *user* dengan sistem yang telah dibuat dapat berjalan sebagaimana mestinya. Untuk itu pada bab ini dijelaskan bentuk asli dari tampilan sebenarnya apabila sistem ini diakses oleh *admin.*

#### Interface Halaman *Login*

Halaman *login* adalah tampilan awal kinerja proses di mana *admin* harus melakukan authentikasi terlebih dahulu sebelum memasuki sistem setelah *admin* *login* maka sistem mengarah ke halaman *home* *admin*. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.22 berikut :

Graphical user interface

Description automatically generated

Gambar 5.22. Interface Halaman *Login*

Pada Gambar 5.22 di atas terdapat *form* *input* *email* dan password untuk authentikasi *admin* agar sistem dapat mengirimkan informasi data *login* ke *server,* dan juga terdapat *checkbox* *Remember Me* agar sesi authentikasi *admin* menjadi permanen tanpa ada kadaluarsa sesi authentikasi.

#### Interface Halaman *Home*

Halaman Home adalah tampilan dari halaman utama website, Pada halaman ini adalah proses setelah *admin* lolos pada tahap authentikasi *admin* masuk pada halaman *home* sebagai landasan halaman untuk menelusuri halaman sistem lainnya. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.23 berikut :

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Gambar 5.23. Interface Halaman *Home*

Pada Gambar 5.23halaman *home* merupakan halaman landasan yang memperlihatkan tentang sistem yang di gunakan, terdapat tombol *logout* di opsi *dropdown* pada sudut kanan atas apabila *admin* ingin keluar dan mengakhiri sesi akses sistem yang sedang berlangsung.

#### Interface Tabel Data Klimatologi

Interface Halaman Data Klimatologi ini berbentuk daftar tabel dari Data Klimatologi, di dalam initerface halaman ini *admin* dapat melihat potongan-potongan dari keseluruhan data berbentuk tabel. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.24 berikut :

Graphical user interface, application, table

Description automatically generated

Gambar 5.24. Interface Daftar Tabel Data Klimatologi

Pada Gambar 5.24 terdapat tombol Tambah data apabila *admin* ingin melakukan penambahan Data Klimatologi, dan untuk setiap baris tabel terdapat kolom aksi yang berisi tombol edit data () dan tombol hapus data () untuk mengelola baris data dari tabel data klimatologi, kemudian juga terdapat *input* *search* dan *show* *option* yang dapat membantu *admin* dalam mencari data yang di kelola dan terdapat kolom aksi agar *admin* dapat hapus atau edit data dari baris tabel yang bersangkutan.

#### Interface Tambah Data Klimatologi

Pada Halaman Interface *admin* dapat langsung berpindah ke halaman Tambah Data Klimatologi apabila *admin* melakukan aksi klik tombol Tambah data pada halaman daftar tabel Data Klimatologi maka tampil seperti yang terlihat pada Gambar 5.25 berikut :

Graphical user interface, table

Description automatically generated

Gambar 5.25. Interface *Form* Tambah Data Klimatologi

Pada Gambar 5.25 terdapat halaman Tambah data di sinilah *admin* dapat mengisi informasi data yang di tambahkan. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.25 *input* *form* tanggal bertipe *datepicker* dan selainya merupakah *input* *form* *text* dan terdapat 1 tombol kirim untuk mengirimkan informasi permintaan Tambah data ke *server*.

#### Interface Edit Data Klimatologi

Pada Halaman Interface ini *admin* diberikan pilihan untuk dapat mengakses tombol edit data () pada kolom aksi pada tabel yang terdapat pada Gambar 5.24 *admin* langsung di alihkan ke halaman edit Data Klimatologi. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.26 berikut :

Graphical user interface, table

Description automatically generated

Gambar 5.26. Interface *Form* Edit Data Klimatologi

Pada Gambar 5.26 *form* *input* *text* dan *datepicker* secara otomatis terisi sesuai dengan data dari tombol edit yang di akses pada daftar tabel Data Klimatologi sebelumnya, dan terdapat 1 tombol kirim untuk mengirimkan informasi permintaan Edit data ke *server.*

#### Interface Tabel Riwayat Proyeksi

Pada Interface Halaman Riwayat Proyeksi berbentuk daftar tabel dari Riwayat Proyeksi, di mana *admin* diberikan akses untuk dapat melihat potongan-potongan dari keseluruhan data Riwayat proyeksi berbentuk tabel. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.27 berikut.

Graphical user interface, application, Word

Description automatically generated

Gambar 5.27. Interface Daftar Tabel Riwayat Proyeksi

Pada Gambar 5.27 terdapat tombol Buat Proyeksi apabila admin ingin melakukan Proyeksi baru Data Klimatologi, kemudian juga terdapat *input* *search* dan *show* *option* yang dapat membantu admin dalam mencari data yang di kelola dan terdapat kolom aksi agar admin memilih detail dari baris data table Riwayat Proyeksi yang di pilih.

#### Interface Buat Proyeksi

Pada Interface Halaman Buat Proyeksi ini berbentuk *form* *input*, di mana *admin* diberikan akses untuk membuat opsi atau pilihan untuk melakukan prediksi yang di lakukan oleh sistem ini. Untuk dapat melihat proses nya, dapat dilihat pada Gambar 5.28 berikut ini.

Graphical user interface, table

Description automatically generated

Gambar 5.28. Interface *Form* Buat Proyeksi

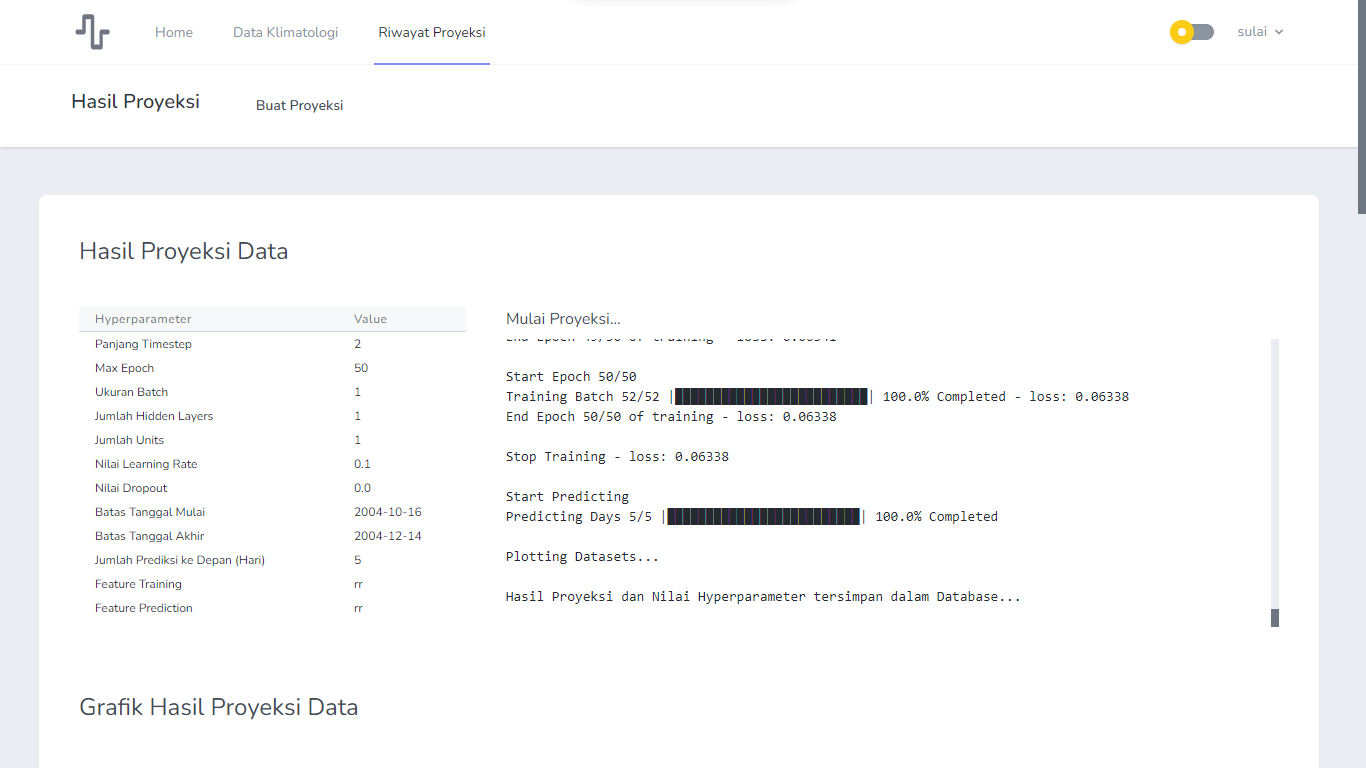
Pada Gambar 5.28 terdapat *input* *form* tanggal bertipe *datepicker* dan *input* *form select option* bertipe opsi text untuk memilih *feature* data untuk training dan *feature* data untuk Prediksi, selainya merupakah *input* *form* *text* dan terdapat 1 tombol kirim untuk mengirimkan nilai *hyperparameter* yang sudah di *input*kan sehingga bisa di kirim permintaan ke *server* untuk di lakukan sebuah proyeksi.

#### Interface Hasil Proyeksi Data

Setelah *admin* membuat opsi untuk prediksi dan klik tombol kirim seperti yang terlihat pada Gambar 5.28 *admin* di harapkan untung menunggu beberapa detik hingga menit tergantung spesifikasi sistem yang di gunakan hingga proses *training* model dan prediksi model selesai hingga mendapatkan respons dari *server*. Seperti yang terlihat pada interface berikut :

##### Interface Hasil Proyeksi Hyperparameter dan Timeline Proses

**Pada Interface** Halaman Hasil Proyeksi pada bagian atas memperlihatkan nilai *hyperparameter* dari yang di *input*kan sebelumnya seperti yang terlihat pada Gambar 5.28, dan juga memperlihatkan linimasa proses Proyeksi seperti yang terlihat pada Gambar 5.29 berikut.



Gambar 5.29. Interface Hyperparameter dan Timeline Proses Proyeksi

Pada Gambar 5.29 respons Hasil Proyeksi terlihat pada linimasa proses Proyeksi di mulai dari pemilihan *feature* training dan *feature* Prediksi, preprocessing data seperti interpolasi data kosong, pembagian data training dan data testing, pembentukan dimensi data berbentuk tensor 3D (*Ukuran batch, Jumlah Feature, dan Panjang timestep*), kemudian pembentukan model LSTM, dan melatih model LSTM sebanyak *epoch* yang telah di tentukan sebelumnya, kemudian juga linimasa proses Prediksi dari model yang telah di latih.

##### Interface Grafik Hasil Proyeksi Data

Pada tampilan *interface* dibawah ini, dapat dilihat sebuah Halaman Hasil Proyeksi pada bagian tengah yang memperlihatkan grafik dari hasil Proyeksi model sebelumnya yang berbentuk grafik garis statistik seperti yang terlihat pada Gambar 5.30 berikut.

Chart, histogram

Description automatically generated

Gambar 5.30. Interface Grafik Hasil Proyeksi Data

Pada tampilan halaman interface grafik *statistic* seperti Gambar 5.30 terdapat tampilan garis grafik *History – rr* dari proyeksi data sebenarnya, dan garis grafik *Proyeksi – rr* yang memperlihatkan Hasil Proyeksi data dari model yang telah di latih sebelumnya.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Gambar 5.31. Interface Tabel Keterangan Grafik Hasil Proyeksi Data

Kemudian dapat dilihat yang terdapat pada Gambar 5.31 di atas merupakan sebuah tampilan interface yang berbentuk tabel keterangan sebagai penjelasan dari nilai grafik pada Gambar 5.30 dari Hasil Proyeksi sebelumnya dengan model yang telah di latih.

##### Interface Grafik Error Hasil Proyeksi Data

Pada tampilan *interface* Halaman dari Hasil Proyeksi pada bagian bawah yang memperlihatkan nilai *error* dari hasil setelah melakukan beberapa tahap-tahap terhadap pengujian training dan testing, yang dapat di lihat seperti yang terlihat pada Gambar 5.32 berikut

Graphical user interface, chart

Description automatically generated with medium confidence

Gambar 5.32. Interface Grafik *Error* Hasil Proyeksi Data

Pada Gambar 5.32 respons nilai *error* Hasil Proyeksi terlihat dalam bentuk grafik garis statistik *Error* pada kedua grafik, yang mana pada grafik sebelah kiri memperlihatkan nilai *error* dari setiap *epoch* yang di lakukan, dan sebelah kanan memperlihatkan nilai *error* dari setiap iterasi testing model di lakukan, kemudian pada bagian bawah terdapat kalimat penegas dari rata-rata akar nilai *error* hasil testing model yang memiliki arti bahwa prediksi *feature* yang di pilih pada saat testing memiliki tingkat ketidakakuratan sebesar nilai yang di tampil dengan rentang nilai sesuai dengan nilai asli pada kehidupan nyata.

### Pengujian *Sistem*

Pengujian Sistem ini dilakukan agar mendapatkan hasil proses kalkulasi dan rancangan algoritma sesuai yang di harapkan agar tidak menyimpang dari tujuan masalah yang ingin di capai atau di dapatkan dan tidak melebihi dari batasan masalah yang di inginkan.

Dalam pengujian peneliti menguji dengan membandingkan Hasil Proyeksi dari sistem yang telah di rancang dengan perhitungan manual yang di lakukan pada bab sebelumnya, termasuk melakukan pengujian dengan *python* *library* milik *Google* yaitu *Tensorflow.JS* sebagai acuan nilai tepat dari hasil kalkulasi algoritma untuk model LSTM yang di rancang.

*Tensorflow.JS* merupakan perpustakaan perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Tim Google Brain* dalam organisasi penelitian *Mesin Cerdas Googl*e, untuk tujuan melakukan pembelajaran mesin dan penelitian jaringan syaraf dalam. Tensorflow.JS dapat membuat implementasi *Artificial Neural Network (ANN)*, termasuk *Recurrent Neural Network (RNN)* maupun *Long Short-Term Memory*, dan lain sebagainya.

Untuk itu peneliti melakukan pengujian sistem dengan membandingkan hasil Prediksi beserta hasil error dari proses training dan testing yang di lakukan dengan acuan nilai akhir tidak menjauhi nilai akhir dari kalkulasi dengan menggunakan software *Tensorflow.JS*.

Nilai *Hyperparameter* yang di uji dalam Pengujian Sistem, sama persis dengan pengujian dan di lakukan dalam perhitungan manual, manupun dalam *Python* *library* milik *Google* yaitu *Tensorflow.JS,* untuk lebih jelasnya nilai *Hyperparameter* yang di uji terlihat seperti pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1. Nilai *Hyperparameter* Dalam Pengujian Sistem

|  |  |
| --- | --- |
| ***Hyperparameter*** | **Nilai** |
| Jumlah *Epoch* | 50 |
| Ukuran *Batch* | 1 |
| Panjang *Timestep/Sequence* | 2 |
| *Features* | rr |
| Jumlah *Units* LSTM | 1 |
| Jumlah *Hidden Layer* | 1 |
| *Learning rate* | 0.1 |
| Probabilitas *Dropout* | 0 |
| Inisialisasi *Weight dan Bias* | *Xavier Initialization* |

Nilai Hyperparameter dari Tabel 5.1 di atas dapat di jadikan sebagai acuan pengujian data yang dapat di lakukan sesuai dengan proses analisa dan perancangan yang di lakukan pada penjelasan langkah-langkah yang dapat dilihat dari bab sebelumnya.

#### Pengujian Perbedaan Nilai MSE Setiap *Epoch*

Pengujian nilai *MSE* setiap *Epoch* yang di lakukan di dapat hasil dari nilai rata-rata seluruh nilai *error* pada setiap *batch* dalam setiap *epoch*, nilai tersebut di bandingkan satu sama lain dengan *tensorflowjs* sebagai acuan nilai akurat dalam perhitungan model LSTM, seperti yang terlihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2. Perbandingan Hasil Nilai *MSE* *Epoch* 1-50

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Epoch*** | **(Perhitungan Manual)** | **(Tensorflow.JS)** | **(Perhitungan Sistem)** |
| 1 | 0.082276 | 0.079853 | 0.079693 |
| 2 | 0.075683 | 0.071690 | 0.072162 |
| 3 | 0.072499 | 0.069027 | 0.069772 |
| 4 | 0.070754 | 0.067831 | 0.068674 |
| 5 | 0.069697 | 0.067166 | 0.068021 |
| 6 | 0.069002 | 0.066732 | 0.067557 |
| 7 | 0.068510 | 0.066414 | 0.067190 |
| 8 | 0.068140 | 0.066161 | 0.066882 |
| 9 | 0.067844 | 0.065949 | 0.066614 |
| 10 | 0.067598 | 0.065765 | 0.066377 |
| 11 | 0.067386 | 0.065601 | 0.066164 |
| 12 | 0.067198 | 0.065454 | 0.065971 |
| 13 | 0.067029 | 0.065319 | 0.065795 |
| 14 | 0.066873 | 0.065196 | 0.065634 |
| 15 | 0.066729 | 0.065082 | 0.065486 |
| 16 | 0.066594 | 0.064977 | 0.065349 |
| 17 | 0.066467 | 0.064878 | 0.065222 |
| 18 | 0.066348 | 0.064787 | 0.065105 |
| 19 | 0.066235 | 0.064701 | 0.064995 |
| 20 | 0.066127 | 0.064621 | 0.064893 |
| 21 | 0.066025 | 0.064546 | 0.064797 |
| 22 | 0.065927 | 0.064475 | 0.064706 |
| 23 | 0.065834 | 0.064408 | 0.064622 |
| 24 | 0.065745 | 0.064344 | 0.064542 |
| 25 | 0.065660 | 0.064284 | 0.064466 |
| 26 | 0.065578 | 0.064227 | 0.064395 |
| 27 | 0.065500 | 0.064173 | 0.064327 |
| 28 | 0.065425 | 0.064122 | 0.064263 |
| 29 | 0.065352 | 0.064073 | 0.064202 |
| 30 | 0.065283 | 0.064026 | 0.064144 |
| 31 | 0.065216 | 0.063981 | 0.064088 |
| 32 | 0.065151 | 0.063938 | 0.064035 |
| 33 | 0.065089 | 0.063897 | 0.063985 |
| 34 | 0.065029 | 0.063858 | 0.063937 |
| 35 | 0.064971 | 0.063820 | 0.063891 |
| 36 | 0.064915 | 0.063784 | 0.063847 |
| 37 | 0.064861 | 0.063749 | 0.063804 |
| 38 | 0.064808 | 0.063716 | 0.063764 |
| 39 | 0.064758 | 0.063684 | 0.063725 |
| 40 | 0.064709 | 0.063653 | 0.063687 |
| 41 | 0.064661 | 0.063623 | 0.063651 |
| 42 | 0.064615 | 0.063594 | 0.063617 |
| 43 | 0.064570 | 0.063566 | 0.063584 |
| 44 | 0.064527 | 0.063539 | 0.063552 |
| 45 | 0.064485 | 0.063513 | 0.063521 |
| 46 | 0.064444 | 0.063487 | 0.063491 |
| 47 | 0.064404 | 0.063463 | 0.063462 |
| 48 | 0.064366 | 0.063439 | 0.063435 |
| 49 | 0.064328 | 0.063416 | 0.063408 |
| 50 | 0.064291 | 0.063394 | 0.063382 |

Pada Tabel 5.2 ini menampilkan hasil dari nilai *MSE* setiap epoch pada perhitungan manual, perhitungan tensorflowjs, dan perhitungan dari program yang di rancang dengan perbedaan hasil dari nilai *MSE* dari hasil yang didapatkan di rangkup menjadi nilai rata-rata dengan nilai tolerasi perbedaan nilai *MSE* sebesar *0.001*. Hal ini masih masuk dalam kategori perbedaan nilai tolerasi yang kecil.

#### Pengujian Perbedaan Nilai MSE Pada Evaluasi *Testing*

Pengujian nilai *MSE* pada Evaluasi *Testing* di lakukan di dapat hasil dari nilai rata-rata seluruh nilai *error* pada setiap iterasi Evaluasi *testing* dalam setiap *epoch*, nilai tersebut di bandingkan satu sama lain dengan tensorflowjs sebagai acuan nilai akurat dalam perhitungan model LSTM, seperti yang terlihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3. Perbandingan Hasil Nilai Evaluasi *Testing*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Evaluasi (Perhitungan Manual)** | **Evaluasi (Tensorflow.JS)** | **Evaluasi (Perhitungan Sistem)** |
| 0.027642 | 0.032897 | 0.033142 |

Pada Tabel 5.3 menampilkan hasil nilai *MSE* pada evaluasi testing pada perhitungan manual, perhitungan tensorflowjs, dan perhitungan dari program yang di rancang di dapat perbedaan hasil rata-rata dengan perbedaan tolerasi nilai sebesar 0.005. Hal ini masih masuk dalam kategori perbedaan nilai tolerasi yang kecil.

#### Pengujian Perbedaan Nilai Hasil Prediksi

Pengujian Nilai Hasil Prediksi ini di lakukan untuk dapat melihat hasil Prediksi sesuai hasil yang di harapkan dengan hasil perbedaan yang tidak terlalu signifikan, nilai tersebut di bandingkan satu sama lain dengan tensorflowjs sebagai acuan nilai akurat dalam perhitungan model LSTM, seperti yang terlihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4. Perbandingan Hasil Prediksi

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hari Ke** | **Prediksi (Perhitungan Manual)** | **Prediksi (Tensorflow.JS)** | **Prediksi (Perhitungan Sistem)** |
| 1 | 0.187837 | 0.199734 | 0.200231 |
| 2 | 0.171560 | 0.187837 | 0.188577 |
| 3 | 0.170921 | 0.187463 | 0.188280 |
| 4 | 0.171590 | 0.187753 | 0.188416 |

Pada Tabel 5.4 menampilkan nilai hasil Prediksi pada perhitungan manual, perhitungan tensorflowjs, dan perhitungan dari program yang di rancang di dapat perbedaan hasil prediksi dengan perbedaan tolerasi nilai sebesar 0.01. Hal ini masih masuk dalam kategori perbedaan nilai tolerasi yang tidak besar.

#### Konversi Hasil Prediksi Curah Hujan Dalam Nilai Nyata

Untuk tingkatan curah hujan memiliki nilai rentang berdasarkan tingkatan jumlah curah hujan dalam satuan milimeter, Satu milimeter hujan berarti air hujan yang turun di wilayah seluas satu meter persegi akan memiliki ketinggian satu milimeter jika air hujan tidak meresap, mengalir, atau menguap, berdasarkan nilai akumulasi yang di dapatkan peneliti pada *Stasiun Klimatologi Kelas II Sicincin Padang Pariaman.* Ambang batas nilai yang digunakan untuk menentukan intensitas hujan terlihat seperti pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5. Rentang Nilai Curah Hujan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nilai** | **Keterangan** | **Satuan** |
|  | Berawan |  |
|  | Hujan ringan |  |
|  | Hujan sedang |  |
|  | Hujan lebat |  |
|  | Hujan sangat lebat |  |
|  | Hujan ekstrem |  |

Seperti yang terlihat pada Tabel 5.5 nilai curah hujan di ukur berdasarkan tingkatan curah hujan dalam 1 *milimeter*, maka dari itu perlu di lakukan konversi nilai hasil Prediksi ke nilai nyata agar nilai Prediksi tersebut dapat di implementasikan untuk Prediksi curah hujan dalam kehidupan nyata.

Berdasarkan output hasil prediksi masih berbentuk nilai normalisasi *minmaxscaller*, maka dari itu perlu di lakukan konversi nilai hasil Prediksi dari hasil Prediksi Perhitungan Sistem yang di rancang ke nilai nyata dengan di lakukan denormalisasi nilai, seperti yang terlihat pada

Tabel 5.6. Denormalisasi Nilai Hasil Prediksi Perhitungan Sistem

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hari Ke** | **Prediksi (Perhitungan Sistem)** | **Denormalisasi Prediksi(Perhitungan Sistem)** | **Nilai Real Hasil Prediksi (Perhitungan Sistem)** |
| 1 | 0.200231 | 19.4 | Hujan ringan |
| 2 | 0.188577 | 18.3 | Hujan ringan |
| 3 | 0.188280 | 18.3 | Hujan ringan |
| 4 | 0.188416 | 18.3 | Hujan ringan |

Berdasarkan Tabel 5.6 hasil denormalisasi hari ke 1 untuk Perhitugan Sistemdari nilai 0.200231di dapat nilai real sebesar 19.4 yang memiliki arti bahwa Prediksi feature *(rr)* curah hujan untuk hari ke 1 berdasarkan perhitungan sistem di perkirakan dalam rentang nilai 0.5 – 20 mm/hari, dapat di katakan prediksi curah hujan untuk hari 1 berdasarkan nilai rentang pada Tabel 5.5 dapat di katakan akan terjadi Hujan ringan.

# BAB VI PENUTUP

## Kesimpulan

Berdasarkan perancangan arsitektur dan sistem terhadap dataset yang di dapat, yang telah diurai pada bab sebelumnya, dengan melakukan penelitian dan penganalisaan dengan menggunakan metode-metode penelitian yang di butuhkan untuk membangunan arsitektur model yang di rancang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses prediksi curah hujan dengan menggunakan pendekatan *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* dapat menghasilkan alternatif dalam pengambilan keputusan, dimana dalam pengambilan keputusan metode *Long Short-Term Memory* memberikan ketepatan hasil prediksi sesuai nilai *error* dari hasil evaluasi, yang mana besar dari nilai *error* *mean squared error* prediksi tersebut bisa di gunakan sebagai alternatif pengambil keputusan, dalam memprediksi curah hujan.
2. Menerapkan *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* dapat melakukan prediksi curah hujan dengan menggunakan data pada masa lampau, dimana data curah hujan pada masa lampau di gunakan untuk melatih model *Long Short-Term Memory* sehingga model tersebut dapat memberika pola gambaran data selanjutnya untuk prediksi curah hujan di masa depan.
3. Pengujian *Deep Learning* menggunakan metode *Long Short-Term Memory* di implementasikan ke dalam sebuah sistem yang di bangun untuk memprediksi curah hujan agar proses pengujian dapat di lakukan lebih praktis dan efisien dimana pengaturan nilai-nilai *hyperparameter* dan jangka waktu Prediksi curah hujan dapat di lakukan dengan lebih mudah sesuai kebutuhan, Riwayat Proyeksi juga di simpan ke dalam *database* setiap melakukan proyeksi, sehinggga dapat menjadi perbandingan dalam melakukan pengujian di masa depan.

## Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan sebelumnya menggunakan metode LSTM untuk Proyeksi curah hujan, maka peneliti menyampaikan beberapa saran yang diharapkan menjadi bahan pertimbangan dengan harapan agar berguna bagi penelitian ini dan penyempurnaan penelitian selanjutnya.

1. Penelitian ini masih dapat di kembangkan dengan menggunakan fungsi optimasi yang lebih efektif untuk penanganan perubahan nilai *Learning* rate sejalan dengan perubahan nilai *MSE* setiap iterasi sehingga dapat memperoleh hasil prediksi yang lebih akurat.
2. Menambahkan metode Proyeksi lain yang seperti metode *ARIMA* maupun metode *Deep Learning* seperti *Convolution Neural Network (CNN)* untuk meningkatkan peforma dalam memproyeksi curah hujan di masa depan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aditya, M. A., Mulyana, R. D., Eka, I. P., & Widianto, S. R. (2020, February). Penggabungan Teknologi Untuk Analisa Data Berbasis Data Science. (Mesran, Penyunt.) *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 51-56. Diambil kembali dari https://prosiding.seminar-id.com/index.php/sainteks

Agusta, A., Ernawati, I., & Muliawati, A. (2021, August). Prediksi Pergerakan Harga Saham Pada Sektor Farmasi Menggunakan Algoritma Long Short-Term Memory. *JURNAL INFORMATIK, 17*(2).

Al Amin, I. H., Lusiana, V., & Hartono, B. (2018, November 14). PENCARIAN LINTASAN PADA COLLISION DETECTION MENGGUNAKAN PENDEKATAN INTERPOLASI LINIER. *Prosiding SINTAK, 2*, 57-61. Diambil kembali dari https://unisbank.ac.id/ojs/index.php/sintak/article/view/6513

Aldi, M. W., Jondri, & Aditsania, A. (2018, August). Analisis dan Implementasi Long Short Term Memory Neural Network untuk Prediksi Harga Bitcoin. *e-Proceeding of Engineering, 5*, 3548-3555. Diambil kembali dari https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/6739

Alpaydin, E. (2020). *Introduction to Machine Learning, fourth edition.* United States: MIT Press. Diambil kembali dari https://books.google.co.id/books?id=tZnSDwAAQBAJ

Aprian, B. A., Azhar, Y., & Nastiti, V. R. (2020, November 2). Prediksi Pendapatan Kargo Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory. *Jurnal Politeknik Caltex Riau, 6*, 148-157. Diambil kembali dari https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/

Arfan, A., & ETP, L. (2019, August 22). Prediksi Harga Saham Di Indonesia Menggunakan Algoritma Long Short-Term Memory. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi, 3*(1), 225-230.

Ashari, B. S., Otniel, S. C., & Rianto. (2019). PERBANDINGAN KINERJA K-MEANS DENGAN DBSCAN UNTUK METODE CLUSTERING DATA PENJUALAN ONLINE RETAIL. *JURNAL SILIWANGI, 5*(2), 64-67.

Azise, N., Andono, P. N., & Pramunendar, R. A. (2019, July). Prediksi Pendapatan Penjualan Obat Menggunakan Metode Backpropagation Neural Networkdengan Algoritma Genetika Sebagai Seleksi Fitur. *Jurnal Teknologi Informasi-CyberKU,, 15*(2), 142-154. Diambil kembali dari http://research.pps.dinus.ac.id/index.php/Cyberku/article/view/91/82

Azizah, L. M., Umayah, S. F., & Fajar, F. (2018, November). Deteksi Kecacatan Permukaan Buah Manggis Menggunakan Metode Deep Learning dengan Konvolusi Multilayer. *SEMESTA TEKNIKA, 21*, 230-236. doi:10.18196/st.212229

Boruah, A., & Barman, P. P. (2018). A RNN based Approach for next word prediction in Assamese Phonetic Transcription. *Procedia Computer Science, 143*, 117-123. doi:10.1016/j.procs.2018.10.359

cllau, j. (2020, June 20). *Perceptron*. Diambil kembali dari Medium: https://medium.com/@cllaujhohan/perceptron-de822b401b58

Deng, X., Tong, Z., Lan, Y., & Huang, Z. (2020, May 15). Detection and Location of Dead Trees with Pine Wilt Disease Based on Deep Learning and UAV Remote Sensing. *AgriEngineering, 2*, 294-307. doi:10.3390/agriengineering2020019

Ependi, U., Panjaitan, F., & Yulianingsih, E. (2018, October 19). Pemodelan Aplikasi Mobile Sebagai Penunjang Perjalanan Wisata Menggunakan UML Diagram. *Seminar Nasional TeknologiInformasi DanKomunikasi*, 325-330.

Fajarsari, E. J. (2020). Studi Komparatif Prediksi Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Machine Learning (ML). *no. Ml*.

Flywind. (2018, June 23). *Graphs of the hyperbolic sine, cosine, and tangent.* Diambil kembali dari Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sinh\_cosh\_tanh\_graphs\_JCB.jpg

François, C. (2018). *Deep Learning with Python.* Manning. Diambil kembali dari https://books.google.co.id/books?id=Yo3CAQAACAAJ

Ghosh, A., Bose, S., Maji, G., Debnath, N. C., & Sen, S. (2019, September). Stock Price Prediction Using LSTM on Indian. *Proceedings of 32nd international conference, 63*, 101-110. doi:10.29007/qgcz

Glorot, X., & Bagio, Y. (2010). Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks. *Proceedings of the thirteenth international conference on artificial intelligence and statistics*.

Gunova, V. (2021, Juni). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING PADA SIMULASI AUTONOMOUS DRIVE MENGGUNAKAN AIRSIM. *Journal of Software Engineering, Information and Communication Technology, 2*, 83-92. Diambil kembali dari https://ejournal.upi.edu/index.php/SEICT/article/view/34674

H. M., G. E., Menon, V. K., & S. K. (2018). NSE Stock Market Prediction Using Deep-Learning Models. *Procedia Computer Science, 132*, 1351-1362. doi:10.1016/j.procs.2018.05.050

Hasanah, F. N., & Untari, R. S. (2020). *BUKU AJAR REKAYASA PERANGKAT LUNAK.* (M. Suryawinata, M. Nashrullah, & A. Y. Prajati, Penyunt.) Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia: UMSIDA PRESS.

Hinton, G., Deng, L., Yu, D., Dahl, G. E., Mohamed, A.-r., Jaitly, N., . . . Kingsbury, B. (2012, October 18). Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition: The Shared Views of Four Research Groups. *IEEE Signal Processing Megazine*, 82-97. doi:10.1109/MSP.2012.2205597

Hu, J., Niu, H., Carrasco, J., Lennox, B., & Arvin, F. (2020, October 29). Voronoi-Based Multi-Robot Autonomous Exploration in Unknown Environments via Deep Reinforcement Learning. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, 69*(12), 14413-14423. doi:10.1109/TVT.2020.3034800

Ilahiyah, S., & Nilogiri, A. (2018, August 2). Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal Sistem & Teknologi Informasi Indonesia, 3*, 49-56. doi:10.32528/justindo.v3i2.2254

Ilham, W., & Fajri, N. (2020, May). PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO PADA UKM ABADI BERBASIS WEB. *JURNAL DIGIT, 10*(1), 71~82. doi:http://jurnaldigit.org/index.php/DIGIT/article/viewFile/158/116

Juanda, R. A., Jondri, & Rohmawati, A. A. (2018, August 2). Prediksi Harga Bitcoin Dengan Menggunakan Recurrent Neural Network. *e-Proceeding of Engineering, 5*, 3682-3690. Diambil kembali dari https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/6772

Karno, A. S., Hastomo, W., Nisfiani, E., & Lukman, S. (2020, August 6). Optimais Deep Learning untuk Prediksi Data Saham Di Era Pandemi Covid-19. *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informasi*, 43-54. doi:10.26905/santei.v1i1.3098

Knowledge@Wharton. (2018, February 13). *Vishal Sikka: Why AI Needs a Broader, More Realistic Approach*. Diambil kembali dari knowledge@wharton: https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/ai-needs-broader-realistic-approach/

Kumar, D. P., Amgoth, T., & Annavarapu, C. S. (2019). Machine learning algorithms for wireless sensor networks: A survey. *Information Fusion, 49*, 1-25. doi:10.1016/j.inffus.2018.09.013

Manaswi, N. K. (2018). *Deep Learning with Applications Using Python.* Bangalore, Karnataka, India. doi:10.1007/978-1-4842-3516-4

Manu. (2021, January 30). *A simple overview of RNN, LSTM and Attention Mechanism*. Diambil kembali dari Start it up: https://medium.com/swlh/a-simple-overview-of-rnn-lstm-and-attention-mechanism-9e844763d07b

Moghar, A., & Hamiche, M. (2020, April). Stock Market Prediction Using LSTM Recurrent Neural Network. *International Workshop on Statistical Methods and Artificial, 170*, 1168-1173. doi:10.1016/j.procs.2020.03.049

Muflih, G. Z., Sunardi, & Yudhana, A. (2019, July). JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI WILAYAH KABUPATEN WONOSOBO. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology, 4*(1), 45-46.

Pamungkas, F. S., Prasetya, B. D., & Kharisudin, I. (2020). Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Learning pada Data Bank Customers Menggunakan Python. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 689-694. Diambil kembali dari https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/

Pandji, B. Y., Indwiarti, & Rohmawati, A. A. (2019, September). PERBANDINGAN PREDIKSI HARGA SAHAM DENGAN MODEL ARIMA DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK. *Indonesia Journal on Computing (Indo-JC), 4*(2), 189-198. doi:10.34818/INDOJC.2019.4.2.344

Pardede, J., & Ibrahim, R. G. (2020, December 31). Implementasi Long Short-Term Memory Untuk Identifikasi Berita Hoax Berbahasa Inggris Pada Media Sosial. *J-COSINE, 4*, 179-187. doi:10.29303/jcosine.v4i2.361

Poornima, S., & Pushpalatha, M. (2019, October 31). Prediction of Rainfall Using Intensified LSTM Based Recurrent Neural Network with Weighted Linear Units. *Atmosphere, 10*. doi:10.3390/atmos10110668

Priyanto, D., Zarlis, M., Mawengkang, H., & Efendi, S. (2019, December). Studi Literatur Konsep Dasar Machine Learning Dan Neural Network. *Seminar Nasional Matematika dan Terapan 2019, 1*, 160-166.

Puspaningrum, A., Bunga, M. S., & Iryanto. (2020, November). Klasifikasi Perubahan Perangkat Lunak pada Mobile App Review dengan Menggunakan Metode Long Short Term Memory (LSTM). *Jurnal IKRA-ITH Informatika, 3*, 41-46.

Putra, J. G. (2020). *Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning.* Tokyo, Jepang. Diambil kembali dari https://wiragotama.github.io/resources/ebook/intro-to-ml-secured.pdf

Putra, M. R., Osmond, A. B., & Ansori, A. S. (2020, April 1). ESTIMASI HARGA KEBUTUHAN POKOK DI KOTA BANDUNG DAN PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN METODE LSTM. *e-Proceeding of Engineering, 7*, 1455-1459.

Putro, B., Furqon, M. T., & Wijoyo, S. H. (2018, November). Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential Smoothing (Studi Kasus : PDAM Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2*, 4679-4686. Diambil kembali dari http://j-ptiik.ub.ac.id

Qiu, J., Wang, B., & Zhou, C. (2019, December 13). Forecasting stock prices with long-short term memory neural network based on attention mechanism. (T. Song, Penyunt.) *PLoS ONE*, 1-15. doi:10.1371/journal.pone.0227222

Ranjit, S., Shrestha, S., Subedi, S., & Shakya, S. (2018, July 01). Foreign Rate Exchange Prediction Using Neural Network and Sentiment Analysis. *Proceedings - IEEE 2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICACCCN 2018*, 1173–1177. doi:10.1109/ICACCCN.2018.8748819

Revi, A., Solikhun, & Safii, M. (2018, October). JARINGAN SYARAF TIRUAN DALAM MEMPREDIKSI JUMLAH PRODUKSI DAGING SAPI BERDASARKAN PROVINSI. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer), 2*(1), 297-304. Diambil kembali dari http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/

Rinaldi, R. (2019, February 26). PENERAPAN UNIFIED MODELLING LANGUAGE (UML) DALAM ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI E-LEARNING. *Jurnal SIMTIKA, 2*, 43–50. Diambil kembali dari http://ejournal.undhari.ac.id/index.php/simtika/article/view/15

Rizki, M., Basuki, S., & Azhar, Y. (2020, March). Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang. *REPOSITOR, 2*(3), 331-338.

Sadli, A. (2018, April). SIMULASI PENGENALAN KARAKTER MENGGUNAKAN NEURAL NETWORK PADA MATLAB. *JURNAL SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI, 7*(1), 89-97.

Satria, B. (2018, December 15). Prediksi Volume Penggunaan Air PDAM Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *JURNAL RESTI, 2*(3), 674-684.

Savalia, S., & Emamian, V. (2018, April 28). Cardiac Arrhythmia Classification by Multi-Layer Perceptron and Convolution Neural Networks. *Bioengineering, 5*, 2-10. doi:10.3390/bioengineering5020035

Schneiderman, H., & Kanade, T. (2002, August 06). A statistical method for 3D object detection applied to faces and cars. *Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. doi:10.1109/CVPR.2000.855895

Sen, S., Sugiarto, D., & Rochman, A. (2020). Komparasi Metode Multilayer Perceptron (MLP) dan Long Short Term Memory (LSTM) dalam Peramalan Harga Beras. *target, 4*(1).

Setiyani, L. (2018). *Rekayasa Perangkat Lunak [Software Engineering].* (L. Setiyani, Penyunt.) Karawang, Jawa Barat, Indonesia: Jatayu Catra Internusa.

Shekar, A. K., S´a, C. R., Ferreira, H., & Soares, C. (2018, April). Building robust prediction models for defective sensor data using Artificial Neural Networks.

Siahaan, M., Jasa, C. H., Anderson, K., Rosiana, M. V., Lim, S., & Yudianto, W. (2020, November). Penerapan Artificial Intelligence (AI)Terhadap Seorang Penyandang Disabilitas Tunanetra. *Journal of Information System and Technology, 1*, 186-193. Diambil kembali dari https://journal.uib.ac.id/index.php/joint/article/view/4322/1122

Sihombing, E. N., & Syaputra, M. Y. (2020, September 23). IMPLEMENTASI PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN DALAM PEMBENTUKAN PERATURAN DAERAH. *JURNAL ILMIAH KEBIJAKAN HUKUM, 4*, 419-434. doi:10.30641/kebijakan.2020.V14.419-434

Sta. Klim. Kelas II Padang Pariaman. (2021, November). Padang Pariaman, Sumatera Barat, Indonesia: BMKG Klimatologi Padang Pariaman.

Sucipto, L., & Syaharuddin, S. (2018, September 2). Konstruksi Forecasting System Multi-Model untuk pemodelan matematika pada peramalan Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi, 4*, 114-123. doi:10.26594/register.v4i2.1263

Suhermi, N., Suhartono, Dana, I. G., & Prastyo, D. D. (2018, November). Pemilihan Arsitektur Terbaik pada Model Deep Learning Melalui Pendekatan Desain Eksperimen untuk Peramalan Deret Waktu Nonlinier. *Departemen Statistika, 18*, 153 –159. doi:10.29313/jstat.v18i2.4545

Sulistyo, A., Yudhana, A., & Sunardi, S. (2018). PERANCANGAN SISTEM INFORMASI BREEDING PLACE TERHADAP KEJADIAN DEMAM BERDARAH DENGUE (DBD) BERBASIS MOBILE TECHNOLOGY. *Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1*(1).

Supriyadi, E. (2019, Oktober 16). PREDIKSI PARAMETER CUACA MENGGUNAKAN DEEP LEARNING LONG-SHORT TERM MEMORY (LSTM). *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA, 21*, 55-67. Diambil kembali dari https://pdfs.semanticscholar.org/f17a/634eb087b317c0e9eaf632c0ec4350725eb3.pdf

Surtiningsih, L., Furqon, M. T., & Adinugroho, S. (2018, August 8). Prediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara Ke Bali Menggunakan Support Vector Regressiondengan Algoritma Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2*, 2578-2586. Diambil kembali dari https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1857

Susilawati, & Muhathir. (2019, January 2). Analisis Pengaruh Fungsi Aktivasi, Learning Rate Dan Momentum Dalam Menentukan Mean Square Error (MSE) Pada Jaringan Saraf Restricted Boltzmann Machines (RBM). *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering), 2*, 77-91.

Swarnkar, A., & Swarnkar, A. (2019). *Artificial Intelligence Based Optimization Techniques: A Review.* Singapore, Singapore, Singapore: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-15-0214-9\_12

Tabrani, M., & Pudjiarti, E. (2021, August 2). Pembangunan Perangkat Lunak E-Learning dalam Kegiatan Belajar Mengajar Sekolah Menengah Kejuruan Angkasa Husein. *Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer, 20*(2), 130~138. Diambil kembali dari https://ojs.trigunadharma.ac.id/

Tarkus, E. D., Sompie, S. R., & Jacobus, A. (2020, Juni 30). Implementasi Metode Recurrent Neural Network pada Pengklasifikasian Kualitas Telur Puyuh. *Jurnal Teknik Informatika, 15*, 137-144.

Thohari, A. N., & Hertantyo, G. B. (2018, August 11). Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Pembalap MotoGP Berbasis GPU. *Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media (CENTIVE)*, 50-55. Diambil kembali dari http://conferences.ittelkom-pwt.ac.id/index.php/centive/article/view/9

Wahyudi, A. (2018). Perancangan sistem menggunakan metode sdlc. *J. Din. Inform, 4*(2), 1-7.

Wibisono, Y., & Khodra, M. L. (2018, April 09). Pengenalan Entitas Bernama Otomatis untuk Bahasa Indonesia dengan Pendekatan Pembelajaran Mesin. doi:http://dx.doi.org/10.31227/osf.io/vud2p

Wijaya, R., Masriadi, & Ikhlas, M. (2020, July). IMPLEMENTASI MODEL WATERFALL PADA PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI PERHITUNGAN NILAI MATA PELAJARAN BERBASIS WEB PADA SEKOLAH DASAR AL-AZHAR SYIFA BUDI JATIBENING. *INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT, 5*(2).

Winoto, A. R. (2020, September). RANCANG BANGUN APLIKASI PRESENSI DENGAN MEDIA SUARA MENGGUNAKAN MFCC DAN ANN BERBASIS ANDROID. *Jurnal Ilmiah Sainsbertek Jurnal Ilmiah Sains & Teknologi, 1*, 46--57.

Wiranda, L., & Sadikin, M. (2019, December). PENERAPAN LONG SHORT TERM MEMORY PADA DATA TIME SERIES UNTUK MEMPREDIKSI PENJUALAN PRODUK PT. METISKA FARMA. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika, 8*(3), 184-196.

Zahara, S., Sugianto, & Ilmiddafiq, M. B. (2019, December 2). Prediksi Indeks Harga Konsumen Menggunakan Metode Long Short Term Memory(LSTM) Berbasis Cloud Computing. *JURNAL RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), 3*, 357–363. doi:10.29207/resti.v3i3.1086

Zhou, V. (2019, March 6). *Machine Learning for Beginners: An Introduction to Neural Networks*. Diambil kembali dari towards data science: https://towardsdatascience.com/machine-learning-for-beginners-an-introduction-to-neural-networks-d49f22d238f9