



**PENERAPAN MODEL GATED RECURRENT UNIT UNTUK
PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API DI
PT. KAI (Persero)**

TUGAS AKHIR

Satrio Bayu Wibowo
41520110032

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**



**PENERAPAN MODEL GATED RECURRENT UNIT UNTUK
PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API DI
PT. KAI (Persero)**

Tugas Akhir

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:
Satrio Bayu Wibowo
41520110032

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NIM 41520110032
Nama : Satrio Bayu Wibowo
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
 Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di
 PT. KAI (Persero)

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya adalah hasil karya sendiri dan bukan plagiat. Apabila ternyata ditemukan di dalam laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap untuk mendapatkan sanksi akademik yang terkait dengan hal tersebut.

Jakarta, 6 Juli 2022



Satrio Bayu Wibowo

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Satrio Bayu Wibowo
NIM : 41520110032
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT. KAI (Persero)

Dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul diatas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan di lingkungan Universitas Mercu Buana, saya memberikan izin kepada Peneliti di Lab Riset Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana untuk menggunakan dan mengembangkan hasil riset yang ada dalam tugas akhir untuk kepentingan riset dan publikasi selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 6 Juli 2022



Satrio Bayu Wibowo

SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Satrio Bayu Wibowo
NIM : 41520110032
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT. KAI (Persero)

Menyatakan bahwa :

1. Luaran Tugas Akhir saya adalah sebagai berikut :

No	Luaran	Jenis		Status	
1	Publikasi Ilmiah	Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi		Diajukan	✓
		Jurnal Nasional Terakreditasi	✓		
		Jurnal International Tidak Bereputasi		Diterima	
		Jurnal International Bereputasi			
Disubmit/dipublikasikan di :	Nama Jurnal	:			
	ISSN	:			
	Link Jurnal	:			
	Link File Jurnal Jika Sudah di Publish	:			

2. Bersedia untuk menyelesaikan seluruh proses publikasi artikel mulai dari submit, revisi artikel sampai dengan dinyatakan dapat diterbitkan pada jurnal yang dituju.
3. Diminta untuk melampirkan scan KTP dan Surat Pernyataan (Lihat Lampiran Dokumen HKI), untuk kepentingan pendaftaran HKI apabila diperlukan

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Mengetahui
Dosen Pembimbing TA


Wawan Gunawan, S.Kom, MT

Jakarta, 6 Juli 2022


Satrio Bayu Wibowo

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama Mahasiswa : Satrio Bayu Wibowo
NIM : 41520110032
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui

Jakarta, 6 Juli 2022

Menyetujui,



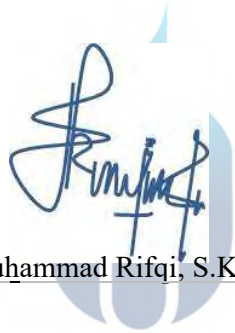
(Wawan Gahawan, S.Kom, MT)
Dosen Pembimbing

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41520110032
Nama : Satrio Bayu Wibowo
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 22 Agustus 2022



(Muhammad Rifqi, S.Kom, M.Kom)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41520110032
Nama : Satrio Bayu Wibowo
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 22 Agustus 2022



(Umniy Salamah, ST.; MMSI)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41520110032
Nama : Satrio Bayu Wibowo
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 22 Agustus 2022



(Elyani, Dr. Ir.)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

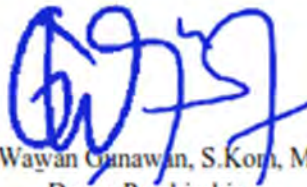
LEMBAR PENGESAHAN

NIM : 41520110032
Nama : Satrio Bayu Wibowo
Judul Tugas Akhir : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 4 Agustus 2022

Menyetujui,



(Wawan Gunawan, S.Kom, MT)
Dosen Pembimbing

Mengetahui,



(Wawan Gunawan, S.Kom, MT)
Koord. Tugas Akhir Teknik Informatika



(Emil R. Kaburuan, Ph.D.)
Ka. Prodi Teknik Informatika

ABSTRAK

Nama : Satrio Bayu Wibowo
NIM : 41520110032
Pembimbing TA :
Judul : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

Pada penelitian ini penggunaan data penumpang PT.KAI memiliki rentang waktu setiap bulan dengan jumlah data penumpang sebanyak 169 bulan pada bulan Januari 2006 sampai Januari 2020. Jumlah penumpang PT.KAI dapat di ramal dengan menggunakan model *Gated Recurrent Unit* (GRU) dengan bahasa pemrograman python. 169 data bulanan ini akan di bagi menjadi 2 data, yaitu data latih sebesar 64% dan data uji sebesar 36%. Untuk mendapatkan performa yang lebih tinggi saat melatih model GRU diberikan inisialisasi *Hyperparameter* adalah *Learning Rate* sebesar 0,01, *Batch Size* sebanyak 100, *Hidden State* 512, *Windows Size* 30 dan *Epoch* sampai 15000. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan model yang terbaik pada *Epoch* ke-14000 yang memiliki *loss* terkecil sebesar 1.08×10^{-10} . Kemudian model tersebut di ujikan pada data uji dan di dapatkan nilai *mean absolute percentage error* (MAPE) sebesar 4,84%.

Kata kunci:

Gated Recurrent Unit, Mean Absolute Percetage Error, Peramalan, PT. Kereta Api Indonesia

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

Name : Satrio Bayu Wibowo
Student Number : 41520110032
Counsellor :
Title : Penerapan Model Gated Recurrent Unit Untuk
Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di PT.
KAI (Persero)

In this study, we use PT. KAI passenger data which has a period every month with a total passenger data of 169 months from January 2006 to January 2020. The number of PT. KAI passengers predicted using the Gated Recurrent Unit (GRU) model. From 169 data, it divided into two data, which are training data for 64% and test data for 36%. To get better performance when training the GRU model, hyperparameter initialization given by a learning rate of 0.01, a batch size of 100, hidden state 512, windows size 30, and epoch up to 15000. Based on the test results in a good model on the epoch to 14000 which has the smallest loss. The best model is tested on test data and obtains a mean absolute percentage error (MAPE) value of 4.84 %.

Key words:

Gated Recurrent Unit, Mean Absolute Percentage Error, forecasting, Indonesian Railways Company.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

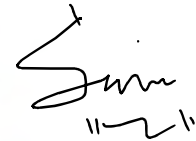
KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan karena rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada kita semua. Penulis menyadari bahwa tanpa pertolongan dan bantuan Allah SWT, dosen pembimbing, dan rekan-rekan di Universitas Mercu Buana, penulis tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan sahabat yang selalu memberikan semangat dan bantuan secara tidak langsung selama proses perkuliahan
2. Bapak Wawan Gunawan, S. Kom, MT selaku pembimbing Tugas Akhir yang banyak memberi masukan ilmu dan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir
3. Bapak Emil R. Kaburuan, Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika di Universitas Mercu Buana
4. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmunya selama proses perkuliahan
5. Teman-teman yang memberikan semangat selama pelaksanaan Tugas Akhir Akhir kata, penulis berharap semoga laporan kegiatan ini dapat bermanfaat untuk banyak orang. Aamiin.

Jakarta, 6 Juli 2022

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Satrio Bayu Wibowo

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	1
HALAMAN JUDUL	1
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	II
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	III
SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR.....	IV
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	V
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	VI
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	VII
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	VIII
LEMBAR PENGESAHAN	IX
ABSTRAK	X
ABSTRACT.....	XI
KATA PENGANTAR.....	XII
DAFTAR ISI.....	XIII
NASKAH JURNAL	1
KERTAS KERJA.....	10
BAB 1 LITERATURE REVIEW	11
BAB 2 ANALISIS DAN PERANCANGAN	19
2.1 Analisis Masalah	19
2.2 Analisis Model	21
2.3 Sumber Data.....	25
BAB 3 <i>SOURCE CODE</i>	27
3.1 Bahasa Pemrograman dan <i>Library</i>	27
3.2 <i>Source Code</i>	27
3.2.1 <i>Import Library (Dependency)</i> dan Mengambil data	27

3.2.2	<i>Pre-processing</i> data	29
3.2.3	Membuat dan melatih jaringan saraf tiruan	30
3.2.4	Uji model dengan prediksi menggunakan data <i>valid</i>	30
BAB 4.	TAHAPAN EKSPERIMEN.....	31
4.1	Sumber Data.....	31
4.2	<i>Preprocessing</i>	31
4.3	RMSE	32
BAB 5	HASIL SEMUA EKSPERIMEN.....	33
5.1	Pengujian	33
5.1.1.	Statistika Deskriptif	33
5.1.2.	Hasil Prediksi	34
5.2	Kesimpulan.....	35
5.3	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....		37
LAMPIRAN DOKUMEN HAKI.....		39



NASKAH JURNAL

Penerapan Model *Gated Recurrent Unit* Untuk Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api PT. Kai (Persero)

Satrio Bayu Wibowo^{#1}, Wawan Gunawan^{*2}

[#]*Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercubuana*

¹41520110032@student.mercubuana.ac.id

²wawan.gunawan@mercubuana.ac.id

Abstrak— Pada penelitian ini penggunaan data penumpang PT.KAI memiliki rentang waktu setiap bulan dengan jumlah data penumpang sebanyak 169 bulan pada bulan Januari 2006 sampai Januari 2020. Jumlah penumpang PT.KAI dapat di ramal dengan menggunakan model *Gated Recurrent Unit* (GRU) dengan bahasa pemrograman python. 169 data bulanan ini akan di bagi menjadi 2 data, yaitu data latih sebesar 64% dan data uji sebesar 36%. Untuk mendapatkan performa yang lebih tinggi saat melatih model GRU diberikan inisialisasi Hyperparameter adalah *Learning Rate* sebesar 0,01, *Batch Size* sebanyak 100, *Hidden State* 512, *Windows Size* 30 dan *Epoch* sampai 15000. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan model yang terbaik pada *Epoch* ke-14000 yang memiliki *loss* terkecil sebesar 1.08×10^{-10} . Kemudian model tersebut di ujikan pada data uji dan di dapatkan nilai *mean absolute percentage error* (MAPE) sebesar 4,84%.

Kata kunci — *Gated Recurrent Unit*, *Mean Absolute Percetage Error*, Peramalan, PT. Kereta Api Indonesia

I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini, transportasi menjadi suatu kebutuhan untuk mempermudah segala aktifitas dan rutinitas dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu alat transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah Kereta Api. Kereta api adalah kendaraan yang bergerak diatas rel dengan menggunakan tenaga gerak seperti listrik, diesel ataupun tenaga uap yang berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lain yang terdiri dari kereta penumpang dan kereta barang. Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang menyelenggarakan jasa angkutan perkereta apian adalah PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI).

Sarana transportasi dari tahun ke tahun mengalami kenaikan dalam jumlah pelayanan kepada masyarakat, terutama transportasi darat. Dengan penambahan penduduk kota Surabaya dari tahun ke tahun yang terus meningkat membuat pelayanan masyarakat meningkat pula.

Kereta api merupakan transportasi darat yang dapat mengangkut jumlah penumpang yang banyak dalam sekali perjalanan. Semakin banyak masyarakat yang menggunakan Kereta Api, maka sarana dan prasarana perlu mengalami peningkatan, guna mewadahi semakin banyaknya masyarakat yang berada di Stasiun Kereta Api tersebut. Kemudian derita dari para pengguna kereta commuter line. Yang pertama adalah keterlambatan kereta. Keterlambatan kereta bisa berjam-jam sehingga dapat terjadi penumpukan penumpang. Selanjutnya adalah fasilitas kereta yang masih kurang dan kapasitas penumpang yang tidak sesuai dengan jumlah kereta. Penambahan armada kereta dari tahun 2008 hanya 488 gerbong.

Penelitian terkait peramalan kereta api di PT KAI dengan metode neural network telah sering dilakukan sebelumnya, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Mertha dkk [1] dalam meramalkan jumlah penumpang kereta api di Indonesia dengan Resilient Back-Propagation (RBPROP) Neural Network. Peramalan dilakukan untuk Wilayah KA Jabodetabek, Wilayah KA Non-Jabodetabek (Jawa), Wilayah KA Sumatera, dan untuk total keseluruhan wilayah KA.

Periode data dimulai dari Januari 2006 hingga April 2018, data yang diperoleh untuk penelitian tersebut ada sebanyak 148 record untuk masing-masing wilayah kereta api (KA), dimana 136 diantaranya (periode Januari 2006 hingga April 2017) digunakan sebagai data training pada tahap pembentukan model, dan 12 lainnya (periode Mei 2017 hingga April 2018) digunakan sebagai data testing untuk menguji performa dari hasil peramalan.

Dengan menggunakan arsitektur Rprop neural network terbaik hasil tahap pembentukan model, dilakukan peramalan untuk 12 bulan kedepan dari periode terakhir data training. Performa model neural network dengan Resilient Back-propagation (Rprop) yang dibentuk dari data training dan divalidasi dengan data testing memberikan tingkat akurasi prediksi serta tingkat akurasi peramalan yang sangat baik dengan nilai mean absolute percentage error (MAPE) kurang dari 10% untuk masing-masing model. Nilai MAPE untuk masing-masing peramalan jumlah penumpang KA adalah: untuk wilayah Jabodetabek memberikan nilai MAPE sebesar 7.50%.

Selanjutnya penelitian terkait peramalan jumlah penumpang kereta api dilakukan oleh Nanang Hermawan [2] dalam skripsinya yang berjudul “Aplikasi Model Recurrent Neural Network dan Recurrent Neuro Fuzzy untuk Peramalan Banyaknya Penumpang Kereta Api Jabodetabek”. Penelitian tersebut mengaplikasikan model recurrent neural network dan recurrent neuro fuzzy untuk peramalan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek dengan langkah prosedur yang dijelaskan dalam penelitian tersebut. Data yang digunakan untuk peramalan adalah data jumlah penumpang kereta api di daerah Jabodetabek dari periode Januari 2006 sampai Agustus 2013 yang diperinci setiap bulannya. Pembagian data yang digunakan adalah 75% untuk data training dan 25% untuk data testing.

Model terbaik yang terpilih untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek yaitu model recurrent neural network dengan menghasilkan MAPE training 1,2617% dan MSE training 29500000 serta MAPE testing 3,785% dan MSE testing 261000000.

Berdasarkan hal tersebut, penulis bermaksud melakukan penelitian model prediksi untuk data jumlah penumpang kereta api di PT KAI (persero) di wilayah Jabodetabek namun dengan menggunakan model Gated Recurren Unit. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana proses kerja dari algoritma dan implementasi Gated Recurrent Unit untuk peramalan jumlah penumpang kereta api di PT. KAI.

II. LANDASAN TEORI

A. Peramalan

Peramalan (forecasting) didefinisikan sebagai alat atau teknik untuk memprediksi atau memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data atau informasi masa lalu maupun pada saat ini. Peramalan dapat menjadi dasar bagi perencanaan jangka panjang suatu perusahaan/instansi tertentu[3].

Peramalan (forecasting) merupakan bagian terpenting bagi setiap perusahaan ataupun organisasi bisnis dalam setiap pengambilan keputusan manajemen. Peramalan itu sendiri bisa menjadi dasar bagi perencanaan jangka pendek, menengah maupun jangka panjang suatu perusahaan.

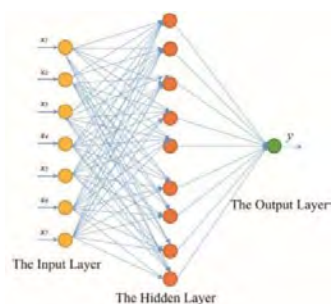
Di dalam sebuah peramalan (forecasting) dibutuhkan sedikit mungkin kesalahan di dalamnya. Agar dapat meminimalisir tingkat kesalahan tersebut, maka akan lebih baik jika peramalan tersebut dilakukan dalam suatu angka atau kuantitatif.

B. Data Runtun Waktu

Data runtun waktu adalah data pengamatan yang diambil berdasarkan urutan waktu dalam jangka waktu yang sama serta saling berkorelasi. Penggunaan data runtun waktu harus memenuhi kestasioneran dalam rata-rata dan variansi. Stasioner pada rata-rata artinya deret berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan, sedangkan stasioner dalam variansi dapat diartikan variansi berfluktuasi konstan dalam suatu rentang tertentu[4].

C. Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan merupakan teknik atau pendekatan pengolahan informasi yang terinspirasi oleh cara kerja sistem saraf biologis dengan memproses informasi tersebut berdasarkan cara kerja otak manusia. ANN dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output untuk menemukan pola-pola pada data. Jenis ANN yang paling umum terdiri dari tiga lapisan, yaitu : Lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini



Gambar 2.1 Model Arsitektur ANN

D. Recurrent Neural Network

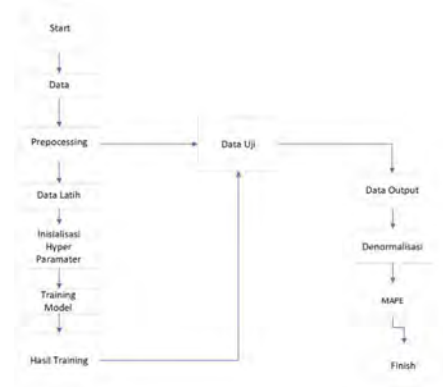
Recurrent Neural Network merupakan jaringan saraf berulang. Dikatakan jaringan saraf berulang karena nilai neuron pada hidden layer sebelumnya akan digunakan kembali sebagai data input. Penggunaan neuron pada hidden layer akan disimpan ke dalam sebuah layer yang dinamakan context layer. Nilai neuron pada context layer akan terus update hingga kondisi RNN terpenuhi[7].

E. Gated Recurrent Unit

GRU merupakan variasi dari LSTM yang lebih sederhana. Sementara GRU adalah struktur berulang yang dirancang dengan hati-hati yang membuat trade-off yang baik antara kinerja dan kecepatan. Oleh karena itu, GRU telah lazim digunakan dalam bidang akademik dan industri. GRU pertamakali diperkenalkan oleh Chung et al pada tahun 2014. Tujuan utama dari pemuatan GRU adalah untuk membuat setiap recurrent unit untuk dapat menangkap dependencies dalam skala waktu yang berbeda-beda secara adaptif. Sebagai analogi, manusia tidak perlu menggunakan semua informasi pada masa lalu untuk dapat membuat keputusan sekarang. Misalnya, kita ingin membeli makanan sekarang, informasi dari masa lalu mengenai jadwal ujian tengah semester tidak akan memberi kontribusi yang besar terhadap pembuatan keputusan untuk makan tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Dalam membangun arsitektur model Gated Recurrent Unit untuk artikel jurnal ilmiah, dilakukan beberapa tahapan analisis. Berikut tahapan-tahapan yang telah dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alur Analisis Model

Adapun penjelasannya, Proses training digunakan untuk memperoleh bobot (weight) yang nantinya akan dijadikan model pada proses testing. Model akan mencoba mempelajari pola yang ada pada data latih dan melakukan pada setiap akhir epoch. Proses training akan dihentikan ketika nilai mean square error memenuhi target atau iterasi maksimal yang telah ditetapkan[17]. Dalam proses training, epoch dan batch size harus didefinisikan. Semakin banyak epoch maka semakin lama juga waktu yang dibutuhkan untuk training model. Tahapan training GRU ditunjukkan pada flowchart gambar 2.1.

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data bulanan jumlah penumpang kereta api di PT Kereta Api Indonesia (persero) yang dapat diakses secara online dari situs <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/815>, dengan waktu mulai Januari 2006 sampai Januari 2020 dengan total 169 bulan.

B. Rancangan Sistem Prediksi

Sub bab ini membahas tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan mulai dari mempersiapkan data, mengimplementasi dan mengevaluasi model serta interpretasi dari hasil penelitian untuk mendapatkan kesimpulan yang baik. Peneliti menggunakan bahasa pemrograman python dengan bantuan beberapa modul diantaranya pytorch, pandas, numpy, dan matplotlib.

C. Preprocessing

Preprocessing diperlukan sebelum melakukan prediksi pada data yang akan digunakan. Dalam penelitian ini terdapat dua tahapan untuk preprocessing data yaitu splitting data dan normalisasi data.

D. Splitting Data

Pada tahap splitting data, data akan dibagi menjadi data training dan testing. Data training sejumlah 108 digunakan untuk pemodelan menggunakan GRU. Setelah didapatkan model terbaik dari data training, barulah model tersebut diuji pada data testing sejumlah 61 untuk melihat apakah model yang dihasilkan akan memiliki akurasi yang tinggi atau tidak.

E. Normalisasi Data

Normalisasi adalah proses memberikan skala nilai atribut dari data sehingga data berada pada rentang tertentu [9]. Dalam penelitian ini, dilakukan normalisasi data dengan cara membagi data dengan nilai data terbesar agar data berada pada interval 0 sampai 1. Langkah ini sangat penting karena dapat meminimalkan error. Tujuan dari normalisasi data adalah menghindari fitur yang memiliki nilai yang lebih besar mendominasi fitur yang memiliki nilai lebih kecil.

F. Denormalisasi Data

Denormalisasi adalah pengembalian ke dalam bentuk semula terhadap data yang telah dinormalisasi. Karena pada awal pembelajaran telah dilakukan normalisasi pada data asli, maka output jaringan memiliki mean = 0 dan standar deviasi = 1.

Sehingga perlu membawa output jaringan tersebut sesuai dengan kondisi data asli[18].

G. MAPE

MAPE atau Mean Absolute Percentage Error adalah ukuran akurasi dari suatu prediksi atau suatu peramalan. Untuk menghitung seberapa baik sistem dalam meramal jumlah penumpang kereta api maka diperlukan tahapan evaluasi. Pada tahap ini MAPE digunakan untuk mengukur tingkat akurasi model yang sudah dilatih[19].

Dimana:

A_t : Jumlah penumpang KA pada periode ke-t

F_t : Hasil prediksi/peramalan jumlah penumpang KA pada periode ke-t,

N : Jumlah observasi

Nilai evaluasi memiliki kriteria MAPE sebagai berikut [20]:

$MAPE < 10\%$: kemampuan peramalan sangat baik.

$10\% \leq MAPE < 20\%$: kemampuan peramalan baik.

$20\% \leq MAPE < 50\%$: kemampuan peramalan cukup.

$MAPE \geq 50\%$: kemampuan peramalan buruk.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Penelitian ini membahas masalah mengenai prediksi jumlah penumpang kereta api di PT KAI (persero) dalam beberapa bulan berikutnya. Secara umum langkah-langkah membangun sistem yang dibuat terdiri dari preprocessing data, inialisasi hyperparameter, training GRU-RNN, dan melakukan uji terhadap data testing. Pada bab ini, hasil implementasinya akan di jabarkan lebih lanjut. File dataset disimpan dalam format csv dan akan di proses dengan aplikasi jupyter notebook dengan bantuan library pandas untuk bahasa pemrograman python.

Penulis menggunakan kode sumber (source code) yang didapat dari https://github.com/kikirizki/GRU_timeseries_forecasting.

1. Statiska Deskriptif

Pada sub bab ini, data observasi yang digunakan adalah data bulanan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek pada tahun 2006 sampai 2020 sebanyak 2.751.777. Dengan menggunakan perhitungan excel, didapat nilai maksimum, minimum, mean, dan sebagainya yang disajikan pada tabel 4.1 serta grafik penumpang PT. KAI pada gambar 4.1.

Tabel 4.1 Nilai dari Statistika deskriptif

Jumlah	2751777
Maksimum	29714
Minimum	7566
Mean	16379,625
Median	11542,5
Modus	10438
Std	7325,666836
Varians	53665394,6

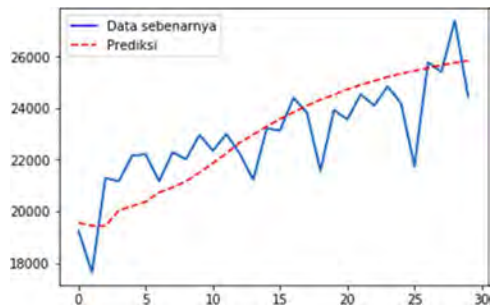
2. Hasil Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api Jabodetabek

Berikut ini akan ditampilkan gambar hasil prediksi dari proses pelatihan beserta data aktual untuk jumlah penumpang kereta api Jabodetabek PT KAI.

Tabel 4.2 Nilai dari Hasil Prediksi dan Data Sebenarnya

No	Hasil Prediksi	Data Sebenarnya
1	19558.65039	19244
2	19441.14063	17640
3	19434.5	21290
4	20040.70898	21171
5	20207.375	22177
6	20375.75586	22207
7	20736.85742	21171
8	20930.64063	22295
9	21168.74414	22021
10	21510.79492	22964
11	21870.78711	22355
12	22251.2793	22996
13	22665.57422	22238
14	22972.79688	21229
15	23289.68359	23206
16	23584.84375	23149
17	23843.22656	24401
18	24098.5293	23821
19	24325.18945	21574
20	24523.43555	23923
21	24730.4375	23570
22	24902.95508	24533
23	25058.92773	24104
24	25213.12695	24841
25	25338.43555	24185
26	25449.94531	21743
27	25565.5332	25775
28	25668.59375	25411
29	25760.15039	27385
30	25848.14648	24432

Denormalisasi pada tabel ini, dilakukan untuk mengembalikan data hasil normalisasi. Hasil prediksi pada tabel di atas di dapat dari mengkalikan data training maksimum dengan modelnya. Sedangkan data sebenarnya di dapat dari mengkalikan data uji maksimum dengan data dataset uji ternormalkan.



Gambar 4.1 Plot Hasil Prediksi GRU dan data sebenarnya

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas, jika dilihat dari plot yang dihasilkan dapat dilihat bahwa nilai prediksi sudah mendekati nilai data sebenarnya. Namun untuk memastikan bahwa model ini sudah bagus atau tidak dapat dipastikan dengan melihat *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE yang kecil dan kurang dari 10% menandakan bahwa model yang diperoleh sudah bagus.

Kemudian peneliti menghitung nilai MAPE pada data sebenarnya dan hasil prediksi untuk memperoleh kemampuan peramalan yang bagus. Hasil yang di dapat setelah melakukan MAPE adalah 4.83864164352417 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan peramalan penumpang PT.KAI sudah bagus.

3. Perbandingan hasil prediksi penumpang PT. KAI

Peneliti juga membandingkan hasil MAPE jumlah penumpang PT. KAI pada 1 tahun, 2 tahun, 3 tahun dan 4 tahun sebelumnya. Pada 1 tahun sebelumnya di dapat nilai MAPE 5.665882%, 2 tahun sebelumnya 6.236741%, 3 tahun sebelumnya 9.040982%, dan 4 tahun sebelumnya didapat 5.962239%. Dari Mape yang telah di hitung dapat di simpulkan bahwa hasil prediksi yang paling baik dengan menggunakan model GRU dengan hasil MAPE paling kecil diantara hasil prediksi 1,2,3, dan 4 tahun sebelumnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem simulasi dan prediksi penumpang PT.KAI (Persero) menggunakan model Gated Recurrent Neural Network berhasil di bangun. Sebagai hasil, dengan melakukan percobaan pencarian iterasi sampai dengan 15000 iterasi, maka di dapat jumlah MSE terkecil pada iterasi 14000 dengan kombinasi pencarian model menggunakan learning rate 0.01, batch size 100, Epoch, Hidden state 512, dan windows size 30 yaitu 1.08×10^{-10} . Kemudian keakurasian dan ketepatan dalam prediksi atau peramalan pada model ini dengan nilai MAPE sebesar 4,84% yang menunjukkan bahwa kemampuan prediksi atau peramalan penumpang PT.KAI sudah baik

Terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya. Saran yang dapat peneliti berikan diantaranya adalah :

1. Penggunaan data penumpang PT.KAI yang memiliki rentang waktu yang lebih kecil seperti data setiap minggu dan data harian, mengingat bahwa fluktuasi penumpang PT.KAI sangat dinamis.
2. Menambahkan beberapa data dan variabel yang mungkin saja mempengaruhi jumlah penumpang kereta PT.KAI.
3. Untuk mendapatkan arsitektur model yang lebih baik gunakan lebih banyak variasi.

REFERENSI

- [1] M. E. Ervina, R. Silvi, and I. R. N. Wisiono, "Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api di Indonesia dengan Resilient Back-Propagation (Rprop) Neural Network," vol. 4, no. 2, pp. 90–99, 2018.
- [2] H. Nanang "Aplikasi Model Recurrent Neural Network dan Recurrent Neuro Fuzzy untuk peramalan banyak Penumpang Kereta Api Jabodetabek," 2014.
- [3] R. Luthfianto, I. Santoso, and Y. Christiyono, "Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Dengan Jaringan Saraf Tiruan Metode Perambatan Balik (Back Propagation)," J. Universitas Diponegoro, vol. 1, no. 3, pp. 1– 9, 2011.
- [4] D. N. Samsiah, "Analisis Data Runtun Waktu menggunakan Model ARIMA (p,d,q)," Yogyakarta, 2008.
- [5] A. Y. Prathama, "Pendekatan Ann (Artificial Neural Network) Untuk Penentuan Prosentase Bobot Pekerjaan Dan Estimasi Nilai Pekerjaan Struktur Pada Rumah Sakit Pratama," J. Teknosains, vol. 7, no. 1, p. 14, 2018..
- [6] A. Sadli, T. Jst, M. Statistik, and M. Terstruktur, "Simulasi Pengenalan Karakter menggunakan Neural Network," vol. 7, no. 1, pp. 89–97, 2018.
- [7] A. A. Rizal and S. Hartati, "Prediksi Kunjungan Wisatawan dengan Recurrent Neural Network Extended Kalman Filter REDIKSI KUNJUNGAN WISATAWAN DENGAN RECURRENT NEURAL NETWORK EXTENDED KALMAN FILTER," vol. X, no. 1, pp. 7–18, 2017.
- [8] J. Chung, C. Gulcehre, K. Cho, and Y. Bengio, "Empirical Evaluation of Gated Recurrent Neural Networks on Sequence Modeling," pp. 1–9, 2014.
- [9] A. T. Tiara, "Prediksi temporal untuk kemunculan titik panas di provinsi riau menggunakan elman recurrent neural network," 2016.
- [10] J. Nan, Z. Zhaozhi, M. Xiaomin, "The Lower on the Number of Hidden Neurons in Multi-valued Muti-threshold Neural Network," pp. 103–107, 2008.
- [11] P. S. Matematika, U. Islam, N. Syarif, and H. Jakarta, "HIDDEN MARKOV MODEL (HMM)," no. 1, pp. 32–41, 2016.
- [12] D. P. Kingma and J. L. Ba, "Adam: A method for stochastic optimization," 3rd Int. Conf. Learn. Represent. ICLR 2015 - Conf. Track Proc., pp. 1–15, 2015.
- [13] E. C. Djamal, "Prediksi Harga Saham menggunakan Metode Recurrent Neural Network," Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf. 2019, p. A-33-A-38, 2019.
- [14] A. Wanto, "Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts," J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf., vol. 3, no. 3, pp. 370–380, 2018.
- [15] L. I. Kuncheva, "Changing Environments," pp. 1–9, 2004.
- [16] Julpan, E. B. Nababan, and M. Zarlis, "Bipolar Dalam Algoritma Backpropagation Pada," J. Teknovasi, vol. 02, pp. 103–116, 2015.
- [17] W. Maharani, "Klasifikasi Data Menggunakan JST Backpropagation Momentum Dengan Adaptive Learning Rate," Semin. Nas. Inform., vol. 1, no. semnasIF, pp. 25–31, 2009.
- [18] N. Chamidah, . W., and U. Salamah, "Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi," J. Teknol. Inf. ITSmart, vol. 1, no. 1, p. 28, 2016.

- [19] I. Sungkawa and R. T. Megasari, "Nilai Ramalan Datta Deret Waktu dalam Seleksi model Peramalan Volume Penjualan PT. Satria Mandiri Citra Mulia," *ComTech*, vol. 2, no. 2, pp. 636–645, 2011.
- [20] V. Kalender and D. Deteksi, "Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api menggunakan Model Variasi Kalender dengan Deteksi Outlier, (Studi Kasus : PT. Kereta Api Indonesia DAOP IV Semarang)," vol. 6, pp. 281–289, 2017.



KERTAS KERJA

Ringkasan

Pada zaman sekarang ini, transportasi menjadi suatu kebutuhan untuk mempermudah segala aktifitas dan rutinitas dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu alat transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah Kereta Api. Kereta api adalah kendaraan yang bergerak diatas rel dengan menggunakan tenaga gerak seperti listrik, diesel ataupun tenaga uap yang berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lain yang terdiri dari kereta penumpang dan kereta barang. Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang menyelenggarakan jasa angkutan perkereta apian adalah PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI).

Sarana transportasi dari tahun ke tahun mengalami kenaikan dalam jumlah pelayanan kepada masyarakat, terutama transportasi darat. Dengan pertambahan penduduk kota Surabaya dari tahun ke tahun yang terus meningkat membuat pelayanan masyarakat meningkat pula. Kereta api merupakan transportasi darat yang dapat mengangkut jumlah penumpang yang banyak dalam sekali perjalanan. Semakin banyak masyarakat yang menggunakan Kereta Api, maka sarana dan prasarana perlu mengalami peningkatan, guna mewedahi semakin banyaknya masyarakat yang berada di Stasiun Kereta Api tersebut. Kemudian derita dari para pengguna kereta commuter line. Yang pertama adalah keterlambatan kereta. Keterlambatan kereta bisa berjam-jam sehingga dapat terjadi penumpukan penumpang. Selanjutnya adalah fasilitas kereta yang masih kurang dan kapasitas penumpang yang tidak sesuai dengan jumlah kereta. Penambahan armada kereta dari tahun 2008 hanya 488 gerbong.

Berdasarkan hal tersebut, penulis bermaksud melakukan penelitian model prediksi untuk data jumlah penumpang kereta api di PT KAI (persero) di wilayah Jabodetabek namun dengan menggunakan model Gated Recurren Unit. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana proses kerja dari algoritma dan implementasi Gated Recurrent Unit untuk peramalan jumlah penumpang kereta api.