

# Penerapan Metode XGBoost Untuk Memprediksi Jumlah Kejadian Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Banjarmasin

Muhammad Alkaff<sup>1</sup>, Andreyan Rizky Baskara<sup>2</sup>, Ainiyyah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

E-mail: <sup>1</sup>[m.alkaff@ulm.ac.id](mailto:m.alkaff@ulm.ac.id), <sup>2</sup>[andreyan.baskara@ulm.ac.id](mailto:andreyan.baskara@ulm.ac.id), <sup>3</sup>[ainiyyah0731@gmail.com](mailto:ainiyyah0731@gmail.com)

Corresponden Author: [m.alkaff@ulm.ac.id](mailto:m.alkaff@ulm.ac.id)

Diterima Redaksi: 06 Maret 2023 Revisi Akhir: 11 Maret 2023 Diterbitkan Online: 27 Maret 2023

**Abstrak** – Setiap tahunnya terjadi kecelakaan lalu lintas seperti yang tercatat pada data dari Polisi sejak tahun 2016 sampai dengan 2020 yang ditambah dengan data dari sosial media pada tahun 2021 sampai bulan Oktober. Selain berdasarkan data kecelakaan lalu lintas terdapat juga hal yang dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan seperti curah hujan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan melakukan prediksi terhadap jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas yang akan terjadi di kota Banjarmasin menggunakan metode XGBoost. Data yang telah dikumpulkan akan diolah dalam rentang waktu bulanan serta pengujian model menggunakan dua metode yaitu RMSE untuk melihat tingkat error rate hasil prediksi dengan nilai nyata dan R-Squared atau R2 untuk melihat korelasi kecelakaan dengan curah hujan. Hasil penelitian menunjukkan metode XGBoost mendapatkan nilai RMSE sebesar 0.120 pada data per hari dengan variabel kecelakaan saja sedangkan nilai R2 mendapatkan 0.19 pada data per 4 bulan kebelakang dengan variabel kecelakaan dan curah hujan.

**Kata Kunci** — curah hujan, kecelakaan lalu lintas, prediksi, xgboost

**Abstract** – Every year there are traffic accidents as recorded in the data from the Police from 2016 to 2020, plus data from social media from 2021 to October. In addition to traffic accident data, there are also things that can affect the occurrence of accidents, such as rainfall. Based on these problems, this study will predict the number of traffic accidents that will occur in the city of Banjarmasin using the XGBoost method. The data that has been collected will be processed in a monthly period and model testing using two methods, namely RMSE to see the error rate prediction results with real values and R-Squared or R2 to see the correlation of accidents with rainfall. The results showed that the XGBoost method got an RMSE value of 0.120 in the data per day with the accident variable only, while the R2 value got 0.19 in the data per 4 months back with the accident and rainfall variables.

**Keywords** — prediction, rainfall, traffic accident, xgboost

## 1. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia masih menjadi permasalahan keselamatan lalu lintas, dilansir dari Kementerian Komunikasi dan Informatika (KOMINFO) setiap jam rata-rata terdapat 3 orang yang meninggal akibat kecelakaan lalu lintas, terdapat 3 faktor terbesar penyebab kecelakaan lalu lintas di Indonesia yaitu, faktor manusia sebesar 61%, faktor kendaraan sebesar 9% dan faktor yang disebabkan prasarana dan lingkungan sebanyak 30% [1]. Data Biro Statistik Indonesia (BPS) menyebutkan, pada tahun 2019 jumlah kecelakaan lalu lintas yang terjadi di Indonesia mencapai 116,411 kecelakaan, yang menimbulkan korban meninggal dunia sebanyak 25,671 orang, korban yang mengalami luka berat sebanyak 12,475 orang dan luka ringan sebanyak 137,342 orang, serta kerugian material mencapai 254,799 juta rupiah [2].

Kendaraan bermotor merupakan salah satu sarana transportasi yang banyak digunakan karena dapat membantu dalam kegiatan sehari-hari. Efisiensi waktu dan tenaga yang didapatkan dari kendaraan bermotor membuat kendaraan bermotor menjadi pilihan transportasi yang banyak dipilih. Namun pesatnya kemajuan penduduk membuat jumlah pengguna kendaraan bermotor semakin meningkat. Dilansir dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2020 jumlah penduduk di kota Banjarmasin mencapai 700 ribu penduduk. Sedangkan pada tahun 2018 jumlah pengguna kendaraan bermotor di kota Banjarmasin mencapai 39,720 kendaraan, peningkatan tersebut menyebabkan resiko kecelakaan lalu lintas di kota Banjarmasin juga meningkat, yang mana pada tahun 2019 kecelakaan lalu lintas yang terjadi di kota Banjarmasin mencapai 57 kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa sebanyak 42 orang, sedangkan 58 orang mengalami luka berat dan/atau luka ringan [3]–[5]. Dari hasil paparan

sebelumnya, maka perlunya dilakukan sebuah penelitian yang bertujuan untuk memprediksi kecelakaan lalu lintas yang akan terjadi, sehingga dapat meminimalisir kecelakaan lalu lintas.

Beberapa penelitian tentang prediksi kecelakaan lalu lintas telah banyak dilakukan, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan dengan tujuan memprediksi kecelakaan lalu lintas menggunakan metode ConvLSTM dengan menggabungkan fitur spasial dan temporal. Hasil dari penelitian ini mendapatkan MSE 0.021, RMSE 0.114, CE 0.014 untuk kategori perkotaan, MSE 0.006, RMSE 0.078, CE 0.001, untuk kategori pedesaan serta mendapatkan MSE 0.013, RMSE 0.116, CE 0.010 untuk kategori campuran [6]. Penelitian terkait lainnya yang juga bertujuan untuk memprediksi kecelakaan lalu lintas. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode DSTGCN (Deep Spatio-Temporal Graph Convolutional Network). Metode gabungan ini mendapatkan hasil RMSE 0.3439, PCC 0.7445, Precision 0.8213, Recall 0.8968, F1-Score 0.8573, AUC 0.8508 [7]. Kedua penelitian tersebut menggunakan metode deep learning yang memiliki kekurangan yaitu memerlukan data yang banyak, yang mana hal tersebut sulit untuk didapatkan di Indonesia karena data yang tersedia terbatas, dan juga komputasi yang diperlukan deep learning cukup berat.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut terdapat metode yang bernama Gradient Boosting yang mencoba untuk memecahkan permasalahan deep learning tersebut, yang mana metode ini menerapkan algoritma ensemble dari decision tree yang merupakan salah satu algoritma machine learning. Gradient boosting memiliki beberapa peningkatan metode yaitu XGBoost, LightGBM, CatBoost. Salah satu analisis komparatif pada peningkatan algoritma gradient boosting yaitu XGBoost, LightGBM, CatBoost. Analisis ini mendapatkan hasil perbandingan bahwa CatBoost memperoleh hasil terbaik dalam akurasi dan AUC, LightGBM metode yang paling tercepat diantara keduanya tetapi bukan yang paling akurat, dan akhirnya XGBoost menempati urutan kedua dalam akurasi dan kecepatan training [8]. Dari hasil komparasi tersebut, XGBoost berada di antara LightGBM dan CatBoost, yang mana XGBoost memiliki hasil akurasi yang baik dan training yang cepat, maka dari itu penelitian ini mengambil XGBoost sebagai metode yang akan digunakan. Adapun salah satu penelitian yang melakukan perbandingan metode XGBoost dengan metode SVM yang bertujuan untuk memprediksi arus lalu lintas jangka pendek. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa metode XGBoost jauh lebih baik daripada metode SVM, dengan hasil RMSE 7.306087 dan MSE 0.305323 pada SVM serta RMSE 6.180097 dan MSE 0.22145 pada XGBoost [9]. Terdapat juga penelitian serupa yang memprediksi kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan metode XGBoost, penelitian ini melakukan prediksi secara real-time. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa metode XGBoost dapat mendeteksi kecelakaan lalu lintas dengan akurasi yang baik, mencapai akurasi 99%, deteksi 79% dan false alarm 0.16% [10]. Prediksi secara real-time mengalami kesulitan pada data, dikarenakan masih kurangnya instansi ataupun sumber yang menyediakan data secara real-time.

Pada penelitian ini juga akan memperhatikan faktor hujan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan, salah satunya penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana intensitas curah hujan dapat mempengaruhi kecelakaan lalu lintas menyatakan bahwa, kondisi hujan sangat berkorelasi dengan kecelakaan lalu lintas. Penyebab utamanya dikarenakan jarak pandangan yang buruk karena hujan yang deras dan/atau berkurangnya gesekan akibat jalanan yang licin, hal tersebut disebabkan karena ketika lapisan air terbentuk diantara ban kendaraan dan permukaan jalan, maka terjadilah hydroplaning yang dapat menyebabkan sistem pengereman tidak bekerja sempurna, sehingga pengemudi tidak bisa mengendalikan kendaraan. Maka dari itulah kecelakaan lalu lintas meningkat ketika cuaca hujan dan dapat disimpulkan bahwa faktor hujan dan mempengaruhi kecelakaan lalu lintas [11]–[13]. Berdasarkan penelitian terkait yang telah dijelaskan diatas maka studi ini mengusulkan untuk meneliti tentang prediksi kecelakaan lalu lintas per bulan di kota Banjarmasin berdasarkan kejadian yang sudah pernah terjadi sebelumnya dengan menggunakan metode XGBoost serta memperhatikan faktor hujan yang dapat meningkatkan kecelakaan lalu lintas yang diharapkan dapat menjadi upaya pencegahan kecelakaan lalu lintas yang kemungkinan akan terjadi di kota Banjarmasin serta dapat memberikan informasi kepada pihak kepolisian sehingga dapat melakukan antisipasi.

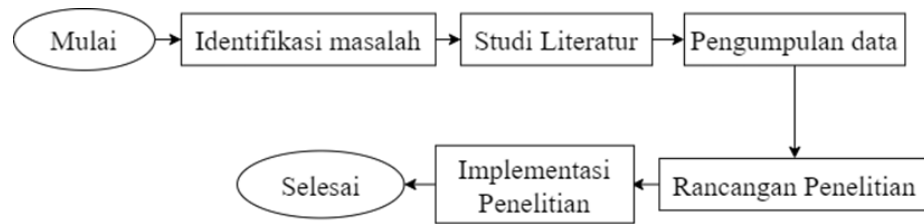
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah data kecelakaan lalu lintas dari polresta kota Banjarmasin, data curah hujan kota Banjarmasin dari BMKG, portal berita dan sosial media sejak tahun 2016 sampai 2021 Oktober.

### 2.2. Alur Penelitian

Alur penelitian pada Gambar 1. Menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian masalah penelitian yang terdiri 5 tahap yaitu, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, rancangan penelitian, dan implementasi penelitian.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Tahap pertama adalah identifikasi masalah yang dilakukan dengan mempelajari berita ataupun artikel terkait kecelakaan lalu lintas serta melakukan identifikasi variabel apa saja yang dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas dan menentukan permasalahan berdasarkan penelitian terdahulu dengan keterkaitan yang sama baik berupa masalah, jenis data, ataupun metode yang digunakan.

Tahap kedua adalah studi literatur yang dilakukan dengan mengkaji literatur-literatur yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Pencarian teori, konsep, dan generalisasi terkait dengan penelitian yang dapat dijadikan sebagai landasan teori bagi penelitian ini. Penelitian yang dijadikan sebagai landasan teori adalah penelitian yang memiliki kesamaan dalam jenis data, kesamaan masalah, serta metode yang efektif untuk dapat menyelesaikan permasalahan tersebut.

Tahap ketiga adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan mengumpulkan data kecelakaan lalu lintas yang terjadi di kota Banjarmasin melalui Polresta kota Banjarmasin, BMKG, portal berita dan sosial media.

Tahap keempat adalah rancangan penelitian yang terdiri dari pengumpulan dan penyusunan data yang dikumpulkan dari Polresta kota Banjarmasin, portal berita, dan sosial media seperti Facebook, Instagram, dan Twitter kemudian disusun dan diolah sedemikian rupa. Pembagian dataset yang dilakukan dengan menggunakan pengujian Train Test Split 80:20 dan pengujian K-Fold yang nantinya akan diulang sebanyak 10 kali atau lebih. Input dataset dan parameter xgboost untuk memaksimalkan kinerja model dan mencegah overfitting. Training dengan menggunakan 3 data yaitu data kecelakaan sajudan data kecelakaan dengan curah hujan. Testing dengan pengujian nilai error rate menggunakan RMSE dan R2 dan evaluasi model.

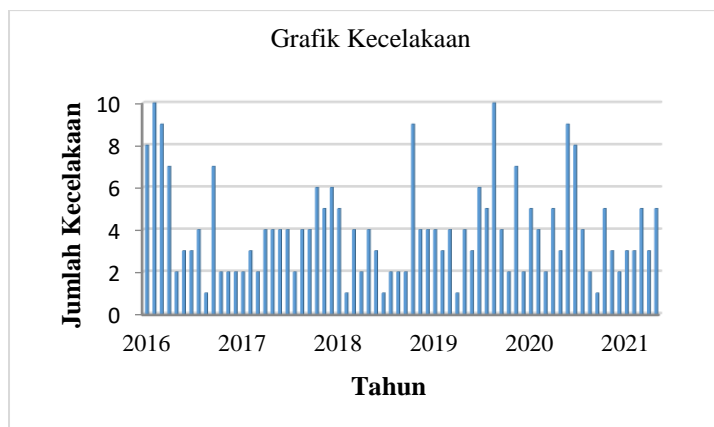
Tahap terakhir adalah implementasi penelitian yang menggunakan metode XGBoost sebagai mesin prediksi dan Python sebagai bahasa pemrograman yang kemudian akan di implementasikan kepada sebuah sistem berbasis website.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengolahan dan Pengujian Data

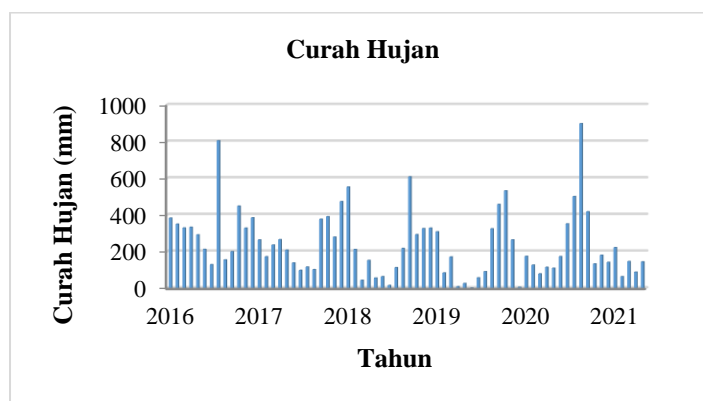
Data yang dikumpulkan pada penelitian ini merupakan data kecelakaan lalu lintas yang dikumpulkan dari Polresta Banjarmasin dan melalui portal berita dan sosial media. Data yang tersedia pada Polresta merupakan data dokumen yang ditulis dalam pembukuan yang diambil dari tahun 2016 sampai 2020. Pengumpulan data dilakukan dengan merangkum pencatatan pembukuan yang ada kedalam Microsoft Excel.

Jumlah rekapitulasi data yang berhasil didapatkan dari kepolisian berjumlah 154 data yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Data ini kemudian ditambah dengan mengumpulkan data kecelakaan lalu lintas dari tahun 2016 sampai 2021 bulan Oktober melalui website portal berita dan sosial media seperti Facebook, Twitter dan Instagram yang berjumlah 126 data. Sehingga total data kecelakaan yang dikumpulkan melalui Polresta kota Banjarmasin, website portal berita dan sosial menjadi 280 data, seperti yang dapat dilihat pada lampiran 3. Persebaran data kecelakaan dapat dilihat pada grafik dibawah.



Gambar 2 Persebaran Data Kecelakaan

Data curah hujan dikumpulkan melalui website BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) yang dikumpulkan dari tahun 2016 sampai 2021 Oktober. Data kemudian diolah dengan cara mengakumulasi nilai curah hujan harian sehingga didapatkan nilai curah hujan bulanan pada tahun tersebut. Akumulasi dilakukan dengan memperhatikan aturan yang tercatat pada keterangan data curah hujan yang telah diunduh yaitu apabila nilai curah hujan 8888 maka itu sama dengan 0 karna data curah hujan tidak terukur. Apabila nilai curah hujan 9999 maka itu juga sama dengan 0 karna tidak ada data atau tidak dilakukan pengukuran [14]–[16]. Persebaran data curah hujan dapat dilihat pada grafik dibawah.



Gambar 3 Persebaran Data Curah Hujan

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dibagi menjadi 16 dataset yang hanya menggunakan variabel kecelakaan saja dan variabel kecelakaan dan curah hujan. Data tersebut data per hari, data polresta perbulan, data portal berita perbulan, data sosial media perbulan, data per 1 bulan kebelakang sampai 12 bulan kebelakang. Data tersebut kemudian dibagi menggunakan 2 pengujian, yaitu pengujian train test split 80:20 dan pengujian Kfold dengan perulangan sebanyak 10 kali dan di implemetasikan menggunakan metode XGBoost dengan menggunakan beberapa parameter seperti objective, colsample\_bytree, learning\_rate, max\_depth, alpha, dan n\_estimator. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Train Test Split 80:20 Dengan Metode XGBoost

Data	Kecelakaan		Kecelakaan dan Curah Hujan	
	RMSE	R2	RMSE	R2
Data Per Hari	0.120	0.0	0.37	-0.02
Data Polresta Perbulan	1.660	-0.44	1.41	-0.04
Data Portal Berita Perbulan	0.340	-0.47	1.41	-0.04
Data Sosial Media Perbulan	2.070	-1.62	2.71	-2.08
Data Per 1 Bulan Kebelakang	2.12	0.04	2.28	-0.1
Data Per 2 Bulan Kebelakang	2.23	-0.05	2.18	-0.01
Data Per 3 Bulan Kebelakang	2.22	-0.05	2.23	-0.06
Data Per 4 Bulan Kebelakang	2.21	0.02	2.01	0.19

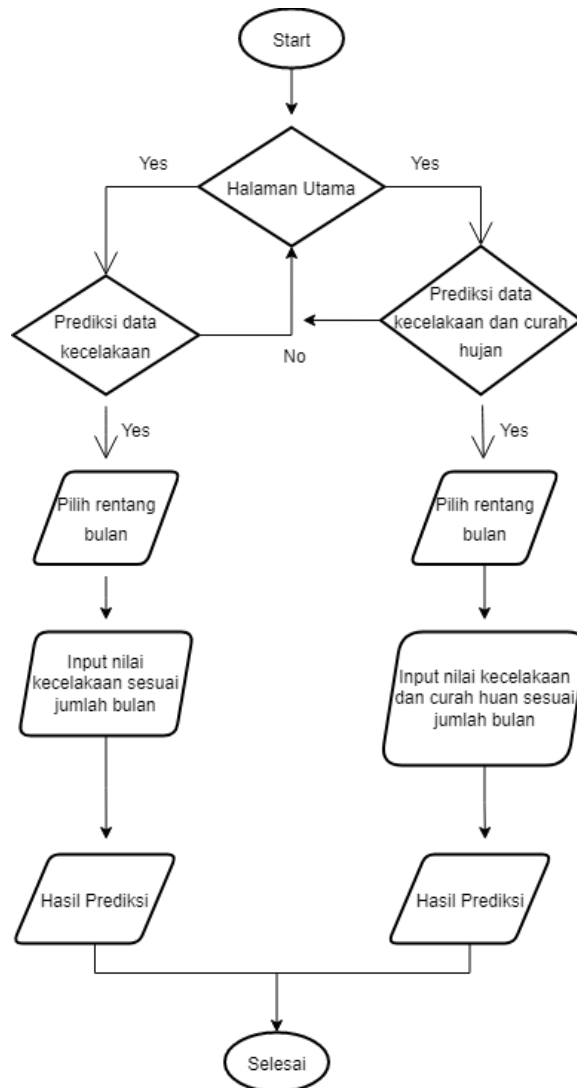
Data Per 5 Bulan Kebelakang	2.19	0.04	2.11	0.11
Data Per 6 Bulan Kebelakang	2.28	-0.04	2.12	0.1
Data Per 7 Bulan Kebelakang	2.12	0.1	2.43	-0.18
Data Per 8 Bulan Kebelakang	1.93	-0.16	2.17	-0.46
Data Per 9 Bulan Kebelakang	1.86	-0.07	2.47	-0.9
Data Per 10 Bulan Kebelakang	1.92	-0.15	2.41	-0.8
Data Per 11 Bulan Kebelakang	1.96	-0.2	2.58	-1.07
Data Per 12 Bulan Kebelakang	2.35	-0.72	2.67	-1.18

Tabel 2 Hasil Pengujian K-Fold Dengan Metode XGBoost

Data	Kecelakaan		Kecelakaan dan Curah Hujan	
	RMSE	R2	RMSE	R2
Data Per Hari	0.120	0.0	0.37	-0.02
Data Polresta Perbulan	1.660	-0.44	1.41	-0.04
Data Portal Berita Perbulan	0.340	-0.47	1.41	-0.04
Data Sosial Media Perbulan	2.070	-1.62	2.71	-2.08
Data Per 1 Bulan Kebelakang	2.12	0.04	2.28	-0.1
Data Per 2 Bulan Kebelakang	2.23	-0.05	2.18	-0.01
Data Per 3 Bulan Kebelakang	2.22	-0.05	2.23	-0.06
Data Per 4 Bulan Kebelakang	2.21	0.02	2.01	0.19
Data Per 5 Bulan Kebelakang	2.19	0.04	2.11	0.11
Data Per 6 Bulan Kebelakang	2.28	-0.04	2.12	0.1
Data Per 7 Bulan Kebelakang	2.12	0.1	2.43	-0.18
Data Per 8 Bulan Kebelakang	1.93	-0.16	2.17	-0.46
Data Per 9 Bulan Kebelakang	1.86	-0.07	2.47	-0.9
Data Per 10 Bulan Kebelakang	1.92	-0.15	2.41	-0.8
Data Per 11 Bulan Kebelakang	1.96	-0.2	2.58	-1.07
Data Per 12 Bulan Kebelakang	2.35	-0.72	2.67	-1.18

### 3.2. Implementasi Sistem

Penelitian ini melakukan implemetasi prototype website menggunakan Django pada model XGBoost yang telah diolah. Cara kerja sistem tersebut dapat dilihat pada gambar flowchart dibawah.



Gambar 4 Flowchart Sistem

Seperti yang dapat dilihat pada flowchart di atas, terdapat pilihan untuk melakukan prediksi dengan variabel kecelakaan dan prediksi dengan variabel kecelakaan dan curah hujan yang kemudian akan dilanjutkan dengan memilih rentang bulan. Pada pemilihan rentang bulan ini menggunakan rentang bulan kebelakang, misalnya 4 bulan kebelakang untuk memprediksi 1 bulan kedepan, 8 bulan kebelakang untuk memprediksi 1 bulan kedepan dan seterusnya.

Selanjutnya mengisi nilai tiap bulan dengan variabel kecelakaan saja atau variabel kecelakaan dan curah hujan. Tampilan sistem ketika melakukan prediksi dapat dilihat pada gambar dibawah.

**Data Prediksi**

Hitung Kecelakaan Dengan Cuaca   Hitung Kecelakaan

Pilih Berapa Bulan?  
4  
Submit

Search:

ID	M1	M2	M3	M4	RR1	RR2	RR3	RR4	Y
1	8	10	9	7	383	350	329	333	2
2	10	9	7	2	350	329	333	292	3
3	9	7	2	3	329	333	292	213	3
4	7	2	3	3	333	292	213	129	4
5	2	3	3	4	292	213	129	81	1
6	3	3	4	1	213	129	81	155	7
7	3	4	1	7	129	81	155	201	2
8	4	1	7	2	81	155	201	449	2
9	1	7	2	2	155	201	449	328	2
10	7	2	2	2	201	449	328	385	2

Showing 1 to 10 of 66 entries   Previous 1 2 3 4 5 6 7 Next

**Keterangan :**  
M : jumlah kecelakaan per bulan  
RR : jumlah curah hujan perbulan

Copyright © 2014-2021 AdminLTE.io. All rights reserved.   Version 3.2.0

Gambar 5 Halaman Utama

**Prediksi Menggunakan Parameter Kecelakaan**

Pilih Berapa Bulan?  
5  
Submit

M1: 2   M2: 3   M3: 2   M4: 4

M5: 5  
Submit

Prediksi Kecelakaan Untuk Bulan Berikutnya Berjumlah : 5

Copyright © 2014-2021 AdminLTE.io. All rights reserved.   Version 3.2.0

Gambar 6 Prediksi Dengan Variabel Kecelakaan

Prediksi Menggunakan Parameter Kecelakaan

Pilih Berapa Bulan?  
5

Submit

M1	M2	M3	M4
2	3	2	4
M5	RR1	RR2	RR3
5	223.4	81	100.2
RR4	RR5		
300	92.5		

Submit

Prediksi Kecelakaan Untuk Bulan Berikutnya Berjumlah : 6

Copyright © 2014-2021 AdminLTE.io. All rights reserved. Version 3.2.0

Gambar 7 Prediksi Dengan Variabel Kecelakaan dan Curah Hujan

#### 4. SIMPULAN

Adapun simpulan yang dapat ditarik adalah XGBoost dapat di implementasikan untuk memprediksi kecelakaan lalu lintas di kota Banjarmasin namun tidak cocok dengan data yang digunakan. Dimana data yang digunakan terlalu sedikit sehingga hasil RMSE dan R2 tidak bagus, yang mana RMSE terendah didapatkan pada data per hari dengan variabel kecelakaan saja dengan nilai 0.120 dan R2 mendapatkan 0.19 pada data per 4 bulan kebelakang dengan variabel kecelakaan dan curah hujan pada pengujian train test split 80:20.

#### 5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan untuk menambahkan data kecelakaan menjadi lebih banyak agar model dapat memberikan performa yang lebih bagus dan menambahkan data yang memiliki korelasi yang tinggi dengan kecelakaan sehingga hasil prediksi dapat lebih akurat dan mengurangi nilai error yang tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marroli, "Rata-rata Tiga Orang Meninggal Setiap Jam Akibat Kecelakaan Jalan," *Kementerian Komunikasi dan Informatika (KOMINFO)*, 2017. [https://kominfo.go.id/index.php/content/detail/10368/rata-rata-tiga-orang-meninggal-setiap-jam-akibat-kecelakaan-jalan/0/artikel\\_gpr](https://kominfo.go.id/index.php/content/detail/10368/rata-rata-tiga-orang-meninggal-setiap-jam-akibat-kecelakaan-jalan/0/artikel_gpr)
- [2] Badan Pusat Statistik, "Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi 2017-2019," 2020. <https://www.bps.go.id/indikator/17/513/1/jumlah-kecelakaan-korban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.html>
- [3] Badan Pusat Statistik, "Jumlah Penduduk (Jiwa), 2018-2020," 2021. <https://banjarmasinkota.bps.go.id/indikator/12/8/1/jumlah-penduduk.html> (accessed Sep. 29, 2021).
- [4] Badan Pusat Statistik, "Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi Kalimantan Selatan (unit), 2018," 2018. [https://www.bps.go.id/indikator/indikator/view\\_data\\_pub/6300/api\\_pub/V2w4dFkwdFNLNU5mSE95Und2UDRMQT09/da\\_10/3](https://www.bps.go.id/indikator/indikator/view_data_pub/6300/api_pub/V2w4dFkwdFNLNU5mSE95Und2UDRMQT09/da_10/3) (accessed Sep. 30, 2021).
- [5] Badan Pusat Statistik, "Jumlah Kecelakaan di Kota Banjarmasin(2019)," 2019. <https://banjarmasinkota.bps.go.id/statictable/2015/03/15/437/jumlah-kecelakaan-dan-korban-kecelakaan-lalu-lintas-per-bulan-2013.html> (accessed Sep. 30, 2021).
- [6] Z. Yuan, X. Zhou, and T. Yang, "Hetero-ConvLSTM," pp. 984–992, 2018, doi: 10.1145/3219819.3219922.
- [7] L. Yu, B. Du, X. Hu, L. Sun, L. Han, and W. Lv, "Deep spatio-temporal graph convolutional network for traffic accident prediction," *Neurocomputing*, vol. 423, pp. 135–147, 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2020.09.043.
- [8] C. Bentéjac, A. Csörgő, and G. Martínez-Muñoz, *A comparative analysis of gradient boosting algorithms*, vol. 54, no. 3. Springer Netherlands, 2021. doi: 10.1007/s10462-020-09896-5.
- [9] X. Dong, T. Lei, S. Jin, and Z. Hou, "Short-Term Traffic Flow Prediction Based on XGBoost," *IEEE 7th Data Driven Control and Learning Systems Conference*, pp. 854–859, 2018, doi: 10.1109/DDCLS.2018.8516114.



- [10] A. B. Parsa, A. Movahedi, H. Taghipour, S. Derrible, and A. (Kouros) Mohammadian, "Toward safer highways, application of XGBoost and SHAP for real-time accident detection and feature analysis," *Accid Anal Prev*, vol. 136, no. December 2019, p. 105405, 2020, doi: 10.1016/j.aap.2019.105405.
- [11] H. M. Hammad *et al.*, "Environmental factors affecting the frequency of road traffic accidents: a case study of suburban area of Pakistan," *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, doi: 10.1007/s11356-019-04752-8.
- [12] J. Lee, J. Chae, T. Yoon, and H. Yang, "Traffic accident severity analysis with rain-related factors using structural equation modeling – A case study of Seoul City," *Accid Anal Prev*, vol. 112, no. November 2017, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1016/j.aap.2017.12.013.
- [13] J. Lee, T. Yoon, S. Kwon, and J. Lee, "Model evaluation for forecasting traffic accident severity in rainy seasons using machine learning algorithms: Seoul city study," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.3390/app10010129.
- [14] Badan Meteorologi dan Geofisika Jayapura, "Badan Meteorologi dan Geofisika Kota Jayapura," no. 2, 2006.
- [15] G. I. Merdekawati and Ismail, "Prediksi Curah Hujan Di Jakarta Berbasis Algoritma Levenberg Marquardt," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 24, no. 2, pp. 116–128, 2019, doi: 10.35760/ik.2019.v24i2.2366.
- [16] H. Frecenta, E. Y. Puspaningrum, and H. Maulana, "PREDIKSI CURAH HUJAN DI KAB.MALANG MENGGUNAKAN LSTM (Long Short Term Memory)," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi (JIFoSI)*, vol. 3, no. 1, pp. 2722–130, 2022, [Online]. Available: [https://dataonline.bmkg.go.id/data\\_iklim](https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim),