

Klasifikasi Gempa Bumi Berdasarkan Magnitudo Menggunakan Metode Logistic Regression

Salma Mar'atuzzulfa¹, Rastri Prathivi², Susanto³
^{1,2,3} Universitas Semarang, Indonesia

E-mail: salmamaratuzzulfa@gmail.com¹, vivi@usm.ac.id², susanto@usm.ac.id³

Abstract

The purpose of this study is to categorize areas in Indonesia that are potentially prone to earthquakes using the logistic regression algorithm. Variables such as latitude, longitude, depth, and magnitude are used to analyze 118 data points of natural disasters that occurred in Indonesia in 2023. As much as 40% of the data is used for testing, while 60% is used for training. The magnitudes are high, medium, and low. The logistic regression method is used to determine the level of health in the area and assess the relationship between variables. The study's findings indicate that the model has an accuracy of 93.62%, precision of 94%, recall of 93%, and F1 skor of 93% overall. In addition, the evaluation of the model's kinerja using the confusion matrix indicates that algorithms might associate a given category with a high sensitivity to error. By identifying data points and creating Logistic regression can assist in developing more effective bencana mitigation strategies by identifying data points and producing accurate predictions. As a result, it is believed that the general public can reduce the amount of dampak gempa bumi.

Keywords: *classification magnitude, gempa bumi, logistic regression, Akurasi model.*

Abstract

Dengan menggunakan algoritma logistik regresi, penelitian ini bertujuan untuk mengkategorikan wilayah di Indonesia yang berpotensi mengalami gempa bumi. Untuk 118 data gempa bumi yang terjadi di Indonesia pada tahun 2023, variabel seperti lintang, bujur, kedalaman, dan magnitudo digunakan. 60% dari set data dibagi menjadi training dan 40% untuk testing. Magnitudenya rendah, sedang, dan tinggi. Metode Logistik regressions digunakan untuk memprediksi tingkat kerawanan gempa bumi di wilayah tersebut dan mengevaluasi hubungan antara variabel-variabel tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model memiliki akurasi sebesar 93,62%, precision sebesar 94%, recall sebesar 93%, dan skor F1 masing-masing sebesar 93%. Selain itu, evaluasi kinerja model melalui matriks confusion menunjukkan bahwa algoritma dapat membedakan kategori magnitudo dengan tingkat kesalahan yang rendah. Dengan mengidentifikasi pola data dan membuat prediksi yang akurat, regresi logistik dapat membantu strategi mitigasi bencana yang lebih baik. Akibatnya, diharapkan bahwa masyarakat dapat mengurangi dampak gempa bumi.

Kata kunci : *Klasifikasi magnitude, Gempa bumi, logistic regression, Akurasi model.*

1. Pendahuluan

Bumi memiliki kekayaan, seperti sumber daya alam, dan potensi bencana alam yang dapat menghancurkan Bumi dengan kerusakan yang sangat besar, termasuk gempa bumi [1]. Gelombang seismik adalah gelombang yang dihasilkan oleh gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau gempa bumi karena bagian kerak bumi dan mantel secara tiba-tiba melepaskan tekanan tektonik. Getaran tanah memiliki rentang frekuensi dari puluhan hertz hingga seperatus detik atau kurang. Bangunan, pohon-pohon, dan elemen lain di permukaan bumi dapat merasakan getaran tersebut, yang sering kali

menyebabkan kerusakan besar dan bencana alam [2]. Gempa bumi termasuk dalam kategori peristiwa alam yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi, tetapi dampaknya dapat sangat besar dan meluas. Masyarakat hanya dapat memprediksi wilayah yang rentan terhadap gempa bumi berdasarkan geologinya. Misalnya, Indonesia berada di daerah yang sangat rentan terhadap gempa bumi karena berada di dekat pertemuan beberapa lempeng tektonik aktif. Salah satu pergerakan yang sering terjadi adalah mendapatkan Lempeng Samudra Indo-Australia di bawah Lempeng Benua Eurasia. Pergerakan ini menyebabkan aktivitas gempa di Sumatra barat, pantai selatan Jawa, dan Nusa Tenggara di bagian timur.

Di wilayah yang rentan terhadap gempabumi, lembaga BMKG memasang rangkaian seismograph. Kualitas Informasi Gempa Bumi [3]. Ini mendorong berbagai pihak untuk memperhatikan kemungkinan-kemungkinan yang dapat ditimbulkan oleh geografis Indonesia. Salah satu langkah awal yang dapat diambil untuk mencegah gempa bumi adalah melakukan analisis yang dapat mengelompokkan wilayah Indonesia yang berpotensi rawan gempa berdasarkan kedalaman dan kekuatan gempa[4]. Dengan seringnya terjadi bencana di berbagai wilayah di Indonesia, ancaman yang dirasakan oleh penduduk Indonesia semakin meningkat. Gempa bumi adalah salah satu bencana alam yang paling sering terjadi. Mekanisme gempa bumi terjadi ketika energi dari pergerakan lempeng bumi menumpuk dan mencapai batas yang tidak dapat ditahan oleh lapisan bumi, dan energi tersebut dilepaskan dalam bentuk guncangan gempa bumi. Masyarakat Indonesia sangat menghargai kewaspadaan. Pengalaman menunjukkan bahwa masyarakat yang lebih siap dan tanggap menghadapi bencana dapat mengurangi kerusakan[5].

Berbagai pihak sangat membutuhkan prediksi gempa bumi, terutama dalam proses mitigasi bencana[6]. Tujuan dari mitigasi ini adalah untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana, terutama gempa bumi yang dilakukan oleh pihak terkait, terutama pemerintah. Salah satu langkah mitigasi yang paling penting adalah penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) dalam penanganan bencana alam seperti gempa bumi. [7] SOP ini berfungsi sebagai pedoman untuk apa yang harus dilakukan ketika gempa terjadi agar operasi dapat berjalan dengan efektif dan cepat. Salah satu metode penting dalam pembelajaran mesin adalah klasifikasi. Metode analisis ini digunakan untuk menemukan model terbaik untuk memprediksi kelas atau kategori data yang belum diketahui. Dalam kasus gempa bumi, klasifikasi dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu area rawan gempa rendah, sedang, atau tinggi. Akibatnya, klasifikasi ini dapat membantu pemerintah dan masyarakat menyiapkan pencegahan dan penanganan yang lebih baik. Data mining sangat penting untuk proses ini karena dapat memprediksi bencana seperti gempa bumi di masa depan dengan menggali pola dari data yang ada [8].

Untuk mengukur kekuatan gempa bumi, magnitudo adalah skala yang paling umum digunakan. Untuk mengatasi dan menangani bencana gempa bumi, penting untuk mengklasifikasikan wilayah yang rentan terhadap gempa bumi. Dengan klasifikasi ini, masyarakat dapat lebih memahami risiko dan mengambil tindakan yang lebih tepat untuk keselamatan[9]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menemukan berbagai kategori rawan gempa dengan magnitudo yang berbeda-beda, seperti rendah, sedang, atau tinggi, adalah algoritma Logistic regression. Dengan menggunakan data dari wilayah Indonesia yang rentang terhadap gempa bumi yang disebutkan di atas penelitian ini akan memprediksi kejadian yang mungkin terjadi dengan menggunakan teknik analisis statistik yang disebut *logistik regression* [10]. Selanjutnya, data akan dikategorikan ke dalam tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi. Untuk mengetahui seberapa akurat model dalam memprediksi wilayah yang rawan gempa algoritma *logistik regression*. Fakta ini penting untuk menilai seberapa baik model dapat membantu menangani bencana dan memberi masyarakat dan pemerintah peringatan dini yang lebih baik [11].

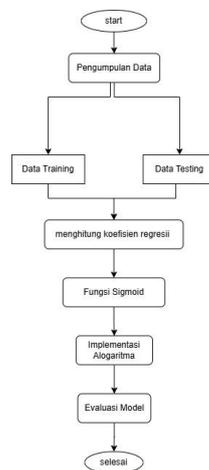
Penjelasan dari jurnal sebelumnya lembaga keuangan menggunakan teknologi data mining untuk menganalisis data besar dan membantu pengambilan keputusan seperti

persetujuan pinjaman. Lembaga keuangan dapat menggunakan data mining untuk menemukan pola dan korelasi dalam data konsumen yang sebelumnya sulit dianalisis secara manual. *Logistic Regression* adalah metode statistik yang digunakan, yang membantu lembaga keuangan membuat keputusan yang lebih cepat dan akurat tentang kelayakan pinjaman. Selain itu, organisasi dapat mengelola dan memproses volume data yang lebih besar dengan bantuan teknologi ini [12]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode "*Logistic Regression*" efektif dalam menilai kepuasan pelayanan pasien di Rumah Sakit Mitra Husada Pringsewu. Hasil menunjukkan bahwa metode ini memiliki tingkat akurasi, recall, dan presisi sebesar 88%, yang menunjukkan bahwa model ini dapat memprediksi dan memberikan rekomendasi yang baik tentang layanan. Selain itu, logistic regresi juga digunakan untuk menentukan seberapa baik atau buruk kualitas pelayanan rumah sakit berdasarkan data yang ada [13].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Kerangka Penelitian

Gambar 1 Menunjukkan penelitian ini menggunakan Alogaritma Logistic regressions untuk menemukan kategori magnitudo (rendah, sedang, tinggi)



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara tidak langsung dari situs web Kaggle dan berisi 118 informasi tentang gempa bumi yang terjadi di Indonesia pada tahun 2023. Informasi ini kemudian dibagi menjadi 60% data training dan 40% data testing dan hasilnya adalah 70 data training dan 47 data testing. menggambarkan garis lintang, bujur, kedalaman, dan magnitudo. Data gempa bumi diklasifikasikan menjadi kategori, sedang, dan tinggi dengan menggunakan alogaritma logistik regression. Variabel terikat adalah kategori dan variabel bebas adalah magnitudo. Gempa bumi dengan magnitudo kurang dari 4 dianggap sedang, sedangkan gempa bumi dengan magnitudo lebih dari 6 dianggap tinggi.

2.3. Menghitung koefisien regresi

Logistik regressions memproses dan menganalisis kumpulan data dengan target dikotomis dengan menggunakan fungsi sigmoid. Ini menghasilkan probabilitas untuk setiap data, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$h_{\theta}(X) = \frac{1}{1 + e^{-\theta^T X}} \tag{1}$$

Keterangan

- $h_{\theta}(x)$: output dari fungsi sigmoid.
- θ : vektor parameter model.
- x : vektor fitur input mencakup data diamati.
- e : bilangan Euler.

Sebagai berikut adalah fungsi biaya total, yang merupakan rata-rata dari semua biaya data:

$$J(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \text{Cost}(h_{\theta}(X^{(i)}), y^{(i)}) \tag{2}$$

Keterangan

- $J(\theta)$: Fungsi biaya yang ingin diminimalkan.
- m : Jumlah total data simple.
- $h_{\theta}(X^{(i)})$: Hipotesis atau prediksi model .
- $y^{(i)}$: Nilai aktual (label) untuk sample ke -i.
- Cost : fungsi biaya satu sampel data.

Algoritma penurunan gradien, atau penurunan gradien, digunakan untuk mencapai tujuan logistic regression untuk meminimalkan fungsi biaya $J(\theta)$ ini (15).

2.4. Fungsi Sigmoid

Dalam pembelajaran mesin dan statistika [14]. fungsi sigmoid regresi logistic digunakan dengan metode fungsi sigmoid biner dan memiliki nilai di antara 0 dan 1. Akibatnya, cocok diguakan untuk tugas memprediksi kemungkinan suatu kejadian terjadi. Berikut fungsi sigmoid.

$$S(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \tag{3}$$

Keterangan

- $S(x)$: output dari fungsi *sigmoid*.
- x : input -.
- e : bilangan Euler.

2.5. Evaluasi Model

Langkah selanjutnya adalah mengavalusi model dengan benar setelah mendapatkan hasil dari tahap pemodelan. Dengan melakukan ini, peneliti dapat memastikan bahwa hasil evaluasi model bergantung pada pembagian data, yang mengurangi risiko overfitting dan memberikan kinerja model yang lebih stabil dan dapat diandalkan. Setelah tahap pelatihan dan pengujian model langka selesai, dilakukan analisis lebih lanjut atas hasil evaluasi model yang digunakan. Analisi hasil digunakan untuk mengubah matrik Accurasy, Precision, Recal, dan skor F1 pada data uji, yang nantinya akan menghasilkan hasil yang akurat. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menilai kinerja klasifikasi dalam membedakan gelombang magnitude besar tingkat rendah, sedang, dan tinggi gempa bumi di pulau jawa. Rumus evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik metrik berikut :

$$1. \text{ Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \tag{4}$$

$$2. \text{ Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \tag{5}$$

$$3. \text{ Recal} = \frac{TP}{TP+FN} \tag{6}$$

$$4. \text{ F1 Score} = 2 \times \frac{\text{Recall} \times \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \tag{7}$$

Keterangan

- TP : Model menunjukkan hasil positif untuk sampel benar dan prediksinya
- TN : Model memprediksi sampel negatif.
- FP : Model memprediksi sampel negatif tetapi sebenarnya negatif.
- FN : Model memprediksi negatif, tetapi yang sebenarnya positif.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari tahapan yang dilakukan menggunakan algoritma Logistic Regressions diproses dan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja model dalam mengklasifikasikan magnitudo gempa bumi menjadi rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan data dari seluruh wilayah Indonesia.

3.1. Pengumpulan data

Hasil pengumpulan data sebanyak 118 data, dengan atribut yang digunakan sebagai variabel analisis, seperti tanggal, waktu UTC, lintang, bujur, kedalaman, magnitudo, dan kategori, yang dijelaskan dalam Tabel 1. Tabel ini juga memberikan gambaran rinci tentang parameter-parameter yang dikumpulkan untuk keperluan penelitian.

Tabel 1. Hasil Pengumpulan data

No	Tanggal	Waktu UTC	Lintang	Bujur	Kedalaman	Magnitudo	Kategori
1	1/1/2023	14:31.3	2.05	98.89	10	3.2	1
2	1/2/2023	55:20.9	-8.09	107.90	24	4.7	2
3	1/9/2023	43:57.2	-7.18	130.27	154	4.8	2
	--	---	---	--	--		
115	1/10/2023	52:20.2	-6.85	107.10	10	1.7	1
116	1/1/2023	33:52.9	1.00	123.62	20	4.1	2

Hasil dari pembagian kategori yaitu dengan X adalah nilai magnitudo

1. Rendah dengan index 1 mempunyai rentang nilai, $1,5 \leq x < 4,5$,
2. Sedang dengan index 2 mempunyai rentang nilai $4,5 \leq x < 5,5$
3. Tinggi dengan index 3 mempunyai reentang nilai $x \geq 5,5$

3.2. Menghitung koefisien regresi

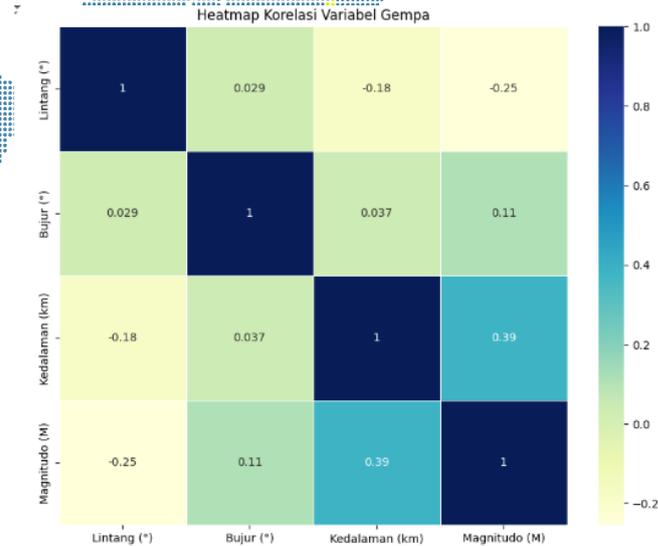
Dengan menggunakan tahapan kode ini, beberapa model regresi dapat dilatih dengan data training, prediksi dapat dibuat berdasarkan data uji, dan koefisien regresi dari masing-masing model ditampilkan.[15]Koefisien ini menunjukkan pengaruh relatif dari setiap fitur terhadap prediksi yang dibuat oleh model. Untuk memahami hubungan antara variabel dan evaluasi model yang digunakan.

Tabel 2. Hasil Koefisien regresi linier

Koefisien regresi linier		
[-2.51938238]	[0.64249908]	[1.8768833]

3.3. Implementasi Alogaritma

Penelitian ini menggunakan pemodelan alogaritma logistic regressions untuk pembagian data pelatihan. Untuk menilai kinerja logistic regression, confusion matrix digunakan. Ini menghitung berapa banyak prediksi yang benar dan salah tentang klasifikasi setiap kelas [16].



Gambar 2. *confusion matrix*

Dalam Gambar 1, heatmap korelasi variabel gempa menunjukkan hubungan antara berbagai variabel, termasuk lintang (koordinat utara dan selatan), bujur (koordinat timur dan barat), kedalaman (kedalaman hiposenter gempa dari permukaan bumi), dan magnitudo (kekuatan gempa). Hasil korelasi menunjukkan bahwa (sekitar 0.029) lintang dan bujur tidak memiliki korelasi yang signifikan dengan variabel lainnya. Sementara lintang dan magnitudo memiliki korelasi lemah (sekitar -0.25). kedalaman gempa memiliki korelasi positif, yang berarti semakin dalam gempa, semakin kuat. Secara keseluruhan, kedalaman gempa tampaknya memengaruhi kekuatan gempa.

3.4. Evaluasi Model

Hasil evaluasi model Logistic Regression sebesar **accuracy score 93,62%** menunjukkan kemampuan model untuk mengklasifikasikan data dengan sangat baik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Ini menunjukkan bahwa model dapat diandalkan untuk melakukan prediksi dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Setelah evaluasi kinerja model, perhitungan dilakukan menggunakan metrik berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = 0,93 \text{ atau } 93\%$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} = 0,94 \text{ atau } 94\%$$

$$Recal = \frac{TP}{TP+FN} = 0.93 \text{ atau } 93\%$$

$$F1 \text{ Acore} = 2 \times \frac{Recall \times Precision}{Recall+Precision} = 0.93 \text{ atau } 93\%$$

Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Evaluasi

Logistic Regressions	Recall	Precision	F1 Score	Accuracy
	93 %	94%	93%	93%

Dengan nilai *recall*, *precision*, *f1 score*, *accuracy* yang tinggi dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan penulis memiliki kinerja yang baik dalam mengelompokkan data berdasarkan dataset yang di atas. Hasil ini menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menangkap pola data secara efektif, sehingga dapat diandalkan untuk melakukan analisis atau prediksi pada dataset dengan karakteristik serupa.

4. Kesimpulan

Kesimpulan Penelitian ini menemukan bahwa metode *Logistic regressions* digunakan untuk memprediksi kemungkinan gempa bumi. Wilayah dibagi menjadi tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi. Algoritma ini memprediksi bahaya gempa bumi dengan menggunakan data seperti lokasi, kedalaman, dan magnitudo gempa. Dengan menggunakan *Logistic Regression*, diharapkan pemerintah dan masyarakat dapat membuat persiapan yang lebih baik untuk menghadapi bencana dan mengurangi akibatnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa model yang dibuat sangat akurat, dengan hasil evaluasi menunjukkan skor precision, recall, dan F1 yang sangat baik, berkisar antara 93 dan 94%. Ini menunjukkan bahwa teknik ini efektif dalam mengklasifikasikan dan memprediksi potensi gempa bumi, serta memberikan prediksi dan rekomendasi model yang sangat baik dengan akurasi bersamaan 93%.

Daftar Pustaka

- [1] R. Maharani, A. Hutagaol, V. T. Lana, Z. Azzahra, and R. Kurniawan, "Penerapan Machine Learning dalam Prediksi Klasifikasi Big Data Kedalaman Gempa Bumi di Indonesia Tahun 2015-2024," vol. 2024, no. Senada, pp. 42–51, 2024.
- [2] F. Pikriyati, "Perbandingan Algoritma Regresi Linear Dan Polynomial Pada Prediksi Kasus Gempa Bumi Di Indonesia," vol. V, pp. 87–93, 2024.
- [3] D. Christianto, N. Tarmidzi, and S. Atmaja, "Manajemen Penyebaran Informasi Gempabumi di Media Televisi oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika," *Buana Komun. (Jurnal Penelit. dan Stud. Ilmu Komunikasi)*, vol. 4, no. 2, p. 138, 2023, doi: 10.32897/buanakomunikasi.2023.4.2.2786.
- [4] A. Tania, T. Handhayani, and J. Hendryli, "Perbandingan Antara Algoritma K-Means Dan Algoritma Bisecting K-Means Dalam Menganalisis Gempa Bumi Di Indonesia," *Simtek J. Sist. Inf. dan Tek. Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 265–270, 2023, doi: 10.51876/simtek.v8i2.205.
- [5] I. Irawan, Y. Subiakto, and B. Kustiawan, "Manajemen Mitigasi Bencana Pada Pendidikan Anak Usia Dini untuk Mengurangi Risiko Bencana Gempa Bumi," *PENDIPA J. Sci. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 609–615, 2022, doi: 10.33369/pendipa.6.2.609-615.
- [6] N. S. Bengi, S. Syamsul, and N. Nasri, "Prototype Sistem Pendeteksi Gempa Bumi Dan Peringatan Dini Berbasis Internet of Things," *J. TEKTR0*, vol. 8, no. 1, pp. 138–144, 2024.
- [7] R. Wahyu Pratama, Y. Herry Chrisnanto, and G. Gunawan, "Klasifikasi Efek Kerusakan Gempa Bumi Berdasarkan Skala Modified Mercalli Intensity Menggunakan Algoritma Multiclass Support Vector Machine," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 2, pp. 1739–1745, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9211.
- [8] R. S. Tantika and A. Kudus, "Penggunaan Metode Support Vector Machine Klasifikasi Multiclass pada Data Pasien Penyakit Tiroid," *Bandung Conf. Ser. Stat.*, vol. 2, no. 2, pp. 159–166, 2022, doi: 10.29313/bcss.v2i2.3590.
- [9] A. Prasetio, M. M. Effendi, and M. N. Dwi M, "Analisis Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Clustering," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 338–343, 2023, doi: 10.47065/bit.v4i3.820.
- [10] J. S. Hutagalung and Rasiban, "Analisis Sentimen Keuangan (Data Fiqa and Financial Phrasebank) Menggunakan Algoritma Logistic Regression Dan Support Vector Machine," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 4, no. 3, pp. 1654–1669, 2023, doi: 10.35870/jimik.v4i3.404.
- [11] I. A. Ricky, I. F. Hanif, F. N. Hasan, E. S. Sinduningrum, Z. Halim, and N. Nunik, "Analisis Sentimen Opini Masyarakat Terkait Penyelenggaraan Sistem Elektronik Menggunakan Metode Logistic Regression," *J. Linguist. Komputasional*, vol. 5, no. 2, p. 77, 2022, [Online]. Available: <https://t.co/23c4krbjp>

- [12] Greessheilla Phylosta P.B and Rido Febryansyah, “Permohonan Pinjaman Pada Koperasi Simpan Pinjam,” *Ilmudata.org*, vol. 2, no. 12, pp. 1–12, 2022.
- [13] A. R. C. Adi, “Analisis Kepuasan Pelayanan Rumah Sakir Mitra Husada Pringsewi Menggunakan Metode Logistic Regression,” *J. Ilmu Data*, vol. 2, no. 12, pp. 1–11, 2022, [Online]. Available: <http://ilmudata.org/index.php/ilmudata/article/view/290%0Ahttp://ilmudata.org/index.php/ilmudata/article/download/290/276>
- [14] M. Fahmuddin, M. K. Aidid, and M. J. Taslim, “Implementasi Analisis Regresi Logistik Dengan Metode Machine Learning Untuk Mengklasifikasi Berita Di Indonesia,” *VARIANSI J. Stat. Its Appl. Teach. Res.*, vol. 5, no. 03, pp. 155–162, 2023, doi: 10.35580/variasiunm116.
- [15] H. M. Ibrahim, H. Skovorodnikov, and H. Alkhzaimi, “Resilience evaluation of memristor based PUF against machine learning attacks,” *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 23962, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-73839-1.
- [16] D. N. Ardelia, H. D. Arifin, S. Daniswara, and A. P. Sari, “Klasifikasi Harga Ponsel Menggunakan Algoritma Logistic Regression,” vol. 04, no. 01, pp. 37–43, 2024.