

Model Prediksi Kekuatan Gempa Dengan Menggunakan Algoritma *Linear Regression* Dan *Support Vector Regression* (Studi Kasus BMKG)

Annisa Alifa Nurhalizah
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

if19.annisanurhalizah@mhs.ubpkarawang.ac.id

Yana Cahyana
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

yana.cahyana@ubpkarawang.ac.id

Rahmat
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

rahmat@ubpkarawang.ac.id

Abstract— Gempa bumi merupakan jenis bencana alam yang sulit untuk dihindari hal tersebut dapat berdampak buruk bagi kehidupan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan prediksi kekuatan gempa bumi di Pulau Jawa. Prediksi dilakukan dengan menggunakan algoritma *Linear Regression* dan *Support Vector Regression* sebagai pembandingan. Pada algoritma *Linear Regression* mendapatkan nilai $RMSE = 48.8352$, $MAPE = 1.2564$ dan $MAE = 24.065$, sedangkan pada algoritma *Support Vector Regression* mendapatkan nilai $RMSE = 50.9992$, $MAPE = 0.4029$ dan $MAE = 17.4873$. hasil *Linear Regression* mendapatkan nilai yang lebih baik dalam melakukan model prediksi kekuatan gempa bumi di Pulau Jawa berdasarkan perhitungan $RMSE$, $MAPE$ dan MAE .

Kata kunci — *Linear Regression* , prediksi, gempa bumi , *Support Vector Regression*.

I. PENDAHULUAN

Indonesia, khususnya Pulau Jawa, termasuk dalam kawasan geologi yang aktif dan terpengaruh oleh tumbukan lempeng Indo-Australia yang bergerak ke Utara dengan lempeng Eurasia yang relatif statis. Akibat kondisi ini, terbentuk banyak gunung api aktif dan struktur geologi menjadi kompleks, yang menyebabkan seringnya terjadi kejadian geologis seperti gempa bumi di Pulau Jawa. [1]. Selama 16 tahun terakhir, data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan bahwa Pulau Jawa telah mencatat total 9394 kasus gempa bumi. Jenis gempa bumi yang sering terjadi di Pulau Jawa adalah gempa dangkal, dengan episenternya berada pada kedalaman 0-35-70 km dan memiliki magnitudo sekitar 3-5 skala Richter. Kehadiran gempa bumi yang tidak dapat diprediksi waktu terjadinya ini berdampak buruk pada berbagai aspek kehidupan masyarakat Indonesia.

Prediksi atau peramalan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan oleh seorang peneliti untuk memperkirakan kejadian di masa depan dengan menggunakan metode atau pendekatan ilmiah tertentu [2]. Tingkat keakuratan prediksi atau peramalan ditentukan oleh sejauh mana terdapat perbedaan atau kesalahan antara data aktual dengan data yang diprediksi. Berdasarkan sifatnya, teknik untuk memprediksi dibagi 2 jenis yaitu teknik kuantitatif dan kualitatif. Teknik kuantitatif dikelompokkan menjadi 2 model yaitu model time series dan model kausal [3]. Model runtun waktu merupakan prediksi yang akan datang dilakukan berdasarkan nilai data dari masa lampau yang disebut data historis. metode ini memiliki tujuan yaitu menemukan pola dalam deret data masa lampau dengan memanfaatkan pola deret tersebut untuk memprediksi masa akan datang, Sedangkan Model kausal Merupakan model hipotesis. faktor. Sebuah predictor menunjukkan hubungan kausal dalam variabel independen lain dan digunakannya untuk memprediksi nilai masa depan dari variabel dependen. Keuntungan dari model ini menghasilkan peluang sukses yang lebih besar ketika membuat keputusan yang tepat.

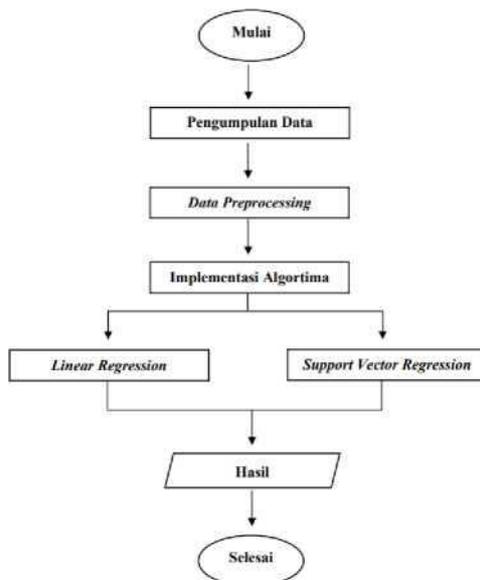
Terdapat beberapa metode untuk mengevaluasi tingkat penyimpangan atau kesalahan suatu prediksi. Salah satunya adalah dengan menghitung Mean square error (MSE), root mean square error (RMSE), and mean absolute percentage error (MAPE) digunakan untuk mengukur tingkat akurasi prediksi. MSE menghitung rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diprediksi dan nilai yang diamati. RMSE adalah akar kuadrat dari MSE, sedangkan MAPE mengukur rata-rata persentase diferensiasi absolut antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual dari data. Prediksi dianggap baik jika nilai MAPE kurang dari 10%. Pada metode berbasis gradien, semakin rendah nilai MSE dan RMSE, maka prediksi dianggap semakin baik.

Tujuan dari metode Regresi Linear adalah untuk menemukan suatu fungsi yang dapat memodelkan data dengan cara mengurangi selisih antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya [4] Di sisi lain, tujuan dari metode Regresi Vector Pendukung (Support Vector Regression) adalah untuk mengubah data menjadi lebih acak sehingga dapat mengakomodasi regresi dengan pemetaan pada dimensi yang lebih tinggi [5].

Sebelumnya telah penelitian oleh somantri dan maharani [6] Dengan melakukan evaluasi terhadap prediksi kekuatan gempa bumi dapat mengetahui potensi yang mungkin terjadi di masa depan apabila terjadi bencana seperti gempa bumi. Penelitian ini mengumpulkan data dari BMKG Indonesia yang berisi informasi tentang kejadian gempa bumi di Indonesia. Data tersebut dianalisis sebanyak 272 data pada bulan januari 2021. Berdasarkan hasil analisis, penelitian ini menyimpulkan bahwa algoritma *Linear Regression* yang berbasis pada fitur seleksi M5-Prime dapat digunakan sebagai model untuk memprediksi gempa bumi dengan nilai RMSE terbaik sebesar 0,707. Pada penelitian oleh Maulana [7] Hasil dari penelitian ini sangat memuaskan karena evaluasi yang dilakukan mendekati angka 0.

Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, diketahui bahwa metode *Linear Regression* dan *Support Vector Regression* memberikan hasil prediksi yang baik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan prediksi kekuatan gempa di Pulau Jawa menggunakan kedua metode tersebut. Selanjutnya, metode yang memberikan hasil terbaik akan digunakan untuk meramalkan kasus kekuatan gempa di Pulau Jawa. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak gempa bumi dengan memberikan prediksi yang lebih akurat.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Flowchart Penelitian

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengakses website Kaggle pada laman tautan <https://www.kaggle.com/datasets/kekavigi/earthquakes-in-ndonesia>. Data tersebut merupakan data gempa bumi di Indonesia dan data yang akan digunakan merupakan data kejadian Pulau Jawa tahun 2021- 2022.

B. Preprocessing

Preprocessing merupakan tahap untuk memperbaiki kualitas data sebelum dilakukan proses mining. Pada tahap ini dilakukan pembersihan data pada sebuah data yang akan digunakan agar data menjadi berkualitas, seperti membuang data yang tidak diperlukan dan memperbaiki kesalahan pada data [8]. Dalam tahap ini dilakukan beberapa proses seperti menyederhanakan data yaitu dengan memilih atribut-atribut yang akan mendukung proses pembentukan model prediksi (*Data Selection*) dan proses transformasi data yang bertujuan untuk mengubah atau merombak data.

C. Implementasi Algoritma

Algoritma *Linear Regression* merupakan atau mencari dengan proses mengidentifikasi relasi dan pengaruhnya pada nilai-nilai objek penyebab . Sedangkan *Support Vector Regression* (SVR), yang juga dikenal sebagai pengembangan metode SVM, digunakan untuk kasus regresi [9]. Metode perhitungan algoritma *Linear Regression* ditunjukkan pada rumus dibawah :

$$Y = a + bX$$

- Y : Variabel Terikat
- X : Variabel Bebas
- a : Konstanta
- b : Koefisien Regresi (Kemiringan)

Koefisien a dan b adalah koefisien regresi, berikut adalah persamaannya

$$a = \frac{(S y) (S y^2) - (S \%)(S \% y)}{n(S y^2) - (S !)}$$

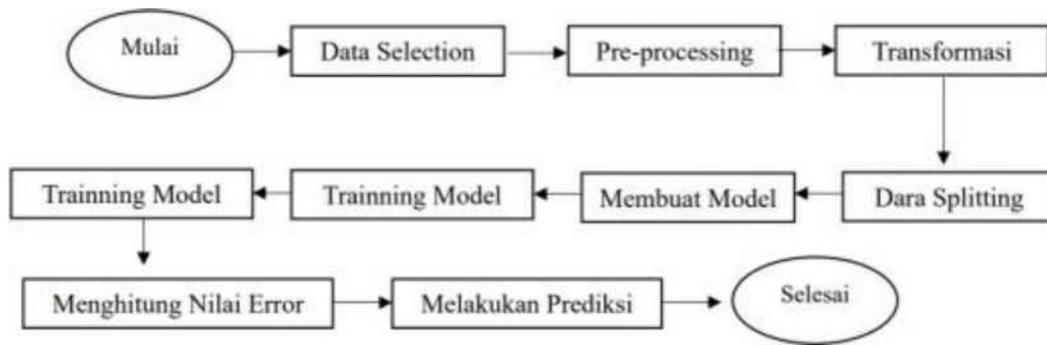
$$\frac{n gxy) - (Z^{\wedge})(Zy)}{n(S *^2) - (Sx) 2}$$

Adapun rumus pada algoritma *Support Vector Regression* ditunjukkan pada rumus dibawah :

$$f(x)=w^{\wedge}(t) ^{\wedge}(x)+b$$

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan model untuk melakukan prediksi. Metode yang digunakan adalah Linear Regression dan Support Vector Regression. Linear Regression adalah sebuah analisis statistik yang memodelkan hubungan antara beberapa variabel melalui persamaan Linear Regression [10]. Sementara itu, Support Vector Regression merupakan pengembangan dari metode SVM

yang digunakan dalam kasus regresi.



Gambar 2 Alur Metode

Alur metode yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya melakukan penyeleksian atribut data yang relevan (*data selection*) kemudian dalam preprocessing dilakukan *transformation* atau perubahan tipe data yang digunakan, kemudian dilakukan data splitting atau pemisahan data yang digunakan untuk memisahkan data independent variabel dan dependent variabel. Selanjutnya dilakukan pembuatan model untuk prediksi dan selanjutnya menghitung nilai error.

1. Data Selection
Data Selection merupakan proses memilih atribut data yang relevan untuk penelitian ini, di mana atribut yang dianggap tidak berguna akan dihapus dan tidak digunakan.
2. Pre-processing
Preprocessing adalah tahap untuk meningkatkan kualitas data sebelum dilakukan proses penambangan. Pada tahap ini, dilakukan pembersihan data yang akan digunakan agar data menjadi berkualitas, seperti menghapus data yang tidak diperlukan dan memperbaiki kesalahan pada data.
3. Transformasi
Pada tahap Transformasi dilakukan perubahan tipe data yang digunakan. Perubahan tipe data ini dilakukan agar data dapat diproses saat proses penambangan. Proses transformasi ini sangat tergantung pada jenis atau pola informasi yang ingin dicari dalam data
4. Data Splitting
Pada tahap Pembagian Data, data dibagi menjadi variabel independen dan variabel dependen.
5. Pembuatan Model
Pada tahap ini, model dibuat untuk melakukan prediksi. Metode yang digunakan adalah Regresi Linear dan Support Vector Regression
6. Training Model
Pada tahap ini, model yang telah dibuat dilatih menggunakan data latih yang ditentukan pada tahap Pembagian Data..
7. Testing Model
Setelah model dilatih, model tersebut digunakan untuk melakukan prediksi. Data hasil prediksi akan dibandingkan dengan data uji yang telah ditentukan pada proses Pembagian Data.
8. Menghitung Nilai Error
Hasil prediksi pada tahap sebelumnya akan dibandingkan dengan data uji untuk mencari nilai kesalahan dari setiap prediksi yang telah dilakukan. Perhitungan didasarkan pada penyimpangan, seperti mean square error (MSE), root mean square error (RMSE), dan mean absolute percentage error (MAPE). Dari hasil ini, dapat diketahui metode mana yang lebih baik dalam melakukan prediksi.
9. Melakukan Prediksi
Setelah menemukan metode yang lebih baik antara regresi linear atau regresi polinomial, langkah selanjutnya adalah melakukan prediksi terhadap kekuatan gempa di Pulau Jawa. Prediksi dapat dilakukan dengan menentukan atribut prediktor (x) yang akan dimasukkan ke dalam model yang telah dibuat pada tahap pembuatan model.

D. Evaluasi Algoritma *Linear Regression* dan *Support Vector Regression*

Data prediksi dari tahap sebelumnya akan dibandingkan dengan data uji untuk menghitung nilai kesalahan dari setiap prediksi yang telah dilakukan. Perhitungan dilakukan berdasarkan penyimpangan, seperti mean square error (MSE), root mean square error (RMSE), dan mean absolute percentage error (MAPE). Dari hasil ini, dapat diketahui metode yang lebih baik dalam melakukan prediksi. [11]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preprocessing Data

Preprocessing merupakan tahap untuk memperbaiki kualitas data sebelum dilakukan proses mining. Pada tahap ini mengimplementasikan pembersihan data pada sebuah data yang akan digunakan agar data menjadi berkualitas, seperti membuang data yang tidak diperlukan dan memperbaiki kesalahan pada data.

1. Seleksi Data

Data Selection merupakan proses penyeleksian/pemilihan atribut data yang relevan untuk digunakan pada penelitian ini, atribut yang dianggap tidak berguna akan dihapus dan tidak akan digunakan. Dalam penelitian ini dataset terdapat 2061 data yang mana data tersebut memiliki 7 atribut, data atribut tersebut terdiri dari tgl, depth, mag dan remark.

	tgl	depth	mag	remark
0	2008/11/01	10	4.9	Sumba Region - Indonesia
1	2008/11/01	10	4.6	Banda Sea
2	2008/11/01	121	3.7	Java - Indonesia
3	2008/11/01	10	3.2	Seram - Indonesia
4	2008/11/01	70	4.3	Banda Sea
92882	2023/01/26	10	4.0	Talau Islands - Indonesia
92883	2023/01/26	10	3.9	Northern Molucca Sea
92884	2023/01/26	10	3.8	Flores Sea
92885	2023/01/26	10	4.1	Northern Molucca Sea
92886	2023/01/26	10	2.4	Sumbawa Region - Indonesia
92887	rows * 4 columns			

Gambar 3 Seleksi Data

2. Transformasi Data

Proses pada transformasi data adalah proses merubah bentuk suatu data dari sekumpulan data yang akan dibutuhkan dalam proses prediksi Data Mining. Dalam hal ini akan dilakukan perubahan data dari format xls menjadi format csv, data akan digunakan atau di import ke tools yang digunakan pada Data Mining.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	tgl,ot,lat,lon,depth,mag,remark,strikel,dipl,rakel,strike2,dip2,rake2							
2	2008/11/01,21:02:43.058,-9.18,119.06,10,4.9,Sumba Region - Indonesia,,,,,							
3	2008/11/01,20:58:50.248,-6.55,129.64,10,4.6,Banda Sea,,,,,							
4	2008/11/01,17:43:12.941,-7.01,106.63,121,3.7,Java - Indonesia,,,,,							
5	2008/11/01,16:24:14.755,-3.30,127.85,10,3.2,Seram - Indonesia,,,,,							
6	2008/11/01,16:20:37.327,-6.41,129.54,70,4.3,Banda Sea,,,,,							
7	2008/11/01,14:47:00.029,-7.37,105.31,18,3.3,Java - Indonesia,,,,,							
8	2008/11/01,13:04:38.742,0.10,98.55,12,4.7,Northern Sumatra - Indonesia							
9	2008/11/01,10:23:51.646,-7.07,129.67,135,4.8,Banda Sea,,,,,							
10	2008/11/01,09:50:32.503,-3.32,128.02,10,2.3,Seram - Indonesia,,,,,							
11	2008/11/01,06:50:52.220,-4.43,127.45,10,3.2,Banda Sea,,,,,							
12	2008/11/01,06:42:18.915,-3.94,127.45,9,2.6,Seram - Indonesia,,,,,							
13	2008/11/01,06:23:00.287,-3.43,128.39,10,2.3,Seram - Indonesia,,,,,							
14	2008/11/01,06:01:05.398,-4.26,127.66,10,3.2,Banda Sea,,,,,							
15	2008/11/01,04:26:50.151,0.49,98.33,16,3.9,Northern Sumatra - Indonesia							

Gambar 4 Data Awal xlsx

I	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	tgl	ot	lat	lon	depth	mag	remark		
2	01/11/2008	21:02:43.0	-9,18	119,06	10	4,9	Sumba Region - Indonesia		
3	01/11/2008	20:58:50.2	-6,55	129,64	10	4,6	Banda Sea		
4	01/11/2008	17:43:12.9	-7,01	106,63	121	3,7	Java - Indonesia		
5	01/11/2008	16:24:14.7	-3,3	127,85	10	3,2	Seram - Indonesia		
6	01/11/2008	16:20:37.3	-6,41	129,54	70	4,3	Banda Sea		
7	01/11/2008	14:47:00.0	-7,37	105,31	18	3,3	Java - Indonesia		
8	01/11/2008	13:04:38.7	0,1	98,55	12	4,7	Northern Sumatra - Indonesia		
9	01/11/2008	10:23:51.6	-7,07	129,67	135	4,8	Banda Sea		
10	01/11/2008	09:50:32.5	-3,32	128,02	10	2,3	Seram - Indonesia		
11	01/11/2008	06:50:52.2	-4,43	127,45	10	3,2	Banda Sea		
12	01/11/2008	06:42:18.9	-3,94	127,45	9	2,6	Seram - Indonesia		
13	01/11/2008	06:23:00.2	-3,43	128,39	10	2,3	Seram - Indonesia		
14	01/11/2008	06:01:05.3	-4,26	127,66	10	3,2	Banda Sea		
15	01/11/2008	04:26:50.1	0,49	98,33	16	3,9	Northern Sumatra - Indonesia		

Gambar 5 Data CSV

3. Data Splitting

Pada tahap ini dilakukan pemisahan data untuk proses pembuatan model dari independent variabel (x) yaitu atribut magnitude atau kekuatan gempa kemudia dependent variabel (y) yaitu atribut kedalaman (depth). Source code untuk pemisahan variabel x dan y di tampilkan dalam gambar.

```
[21] # Memilih index lokasi x=df2.iloc[:j-2].values
      y=df2.iloc[:, - 3].values
```

Gambar 6 Data Splitting

4. Pembuatan Model

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model dengan menggunakan algoritma *Linear Regression* dan *Support Vector Regression*. Dataset dibagi menjadi 80% data latih dan 20% sebagai data uji.

B. Evaluasi

Setelah dilakukan tahap implementasi, selanjutnya adalah proses pengujian dengan tujuan untuk mengetahui performa dari algoritma yang digunakan, proses pengujian dilakukan dengan *RMSE*, *MAPE* dan *MAE*.

<i>Linear Regression</i>			<i>Support Vectffr Regressioit</i>		
RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE
48.8352	1.2564	24.0651	50.9992	0.4029	17.4873

Gambar 7 Evaluasi *Linear Regression* dan *SVR*

Dari ketiga parameter yang digunakan dalam mengevaluasi hasil prediksi, dapat dilihat bahwa model dengan menggunakan metode *Linear Regression* dapat memprediksi lebih baik dengan metode *Support Vector Regression*. Model dengan menggunakan metode *Linear Regression* mendapatkan nilai *RMSE* = 48.8352, *MAPE* = 1.2564 dan *MAE* = 24.0651.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian model prediksi kekuatan gempa bumi di Pulau Jawa menggunakan metode *Linear Regression* dan *Support Vector Regression* didapatkan Hasil penelitian dengan perhitungan python dan manual mendapatkan hasil yang sama yaitu pada algoritma *Linear Regression* *RMSE* = 48.8352, *MAPE* = 1.2564 dan *MAE* = 24.065. Hasil perbandingan Algoritma *Linear Regression* dan *Support Vector Regression*, *Linear Regression* mendapatkan nilai yang lebih baik dalam melakukan model prediksi kekuatan gempa bumi di Pulau Jawa berdasarkan perhitungan *RMSE*, *MAPE* dan *MAE*. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode dan jumlah data yang berbeda guna mendapatkan model yang lebih akurat dan hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan bagi pemerintah dalam menetapkan kebijakan untuk penanganan gempa bumi di Indonesia. Bagi masyarakat diharapkan meningkatkan kewaspadaan, karena gempa bumi di Indonesia tidak dapat dihindari dan masih terus terjadi hingga saat ini.

PENGAKUAN

Naskah ilmiah ini adalah Sebagian dari penelitian Tugas Akhir milik Annisa Alifa Nurhalizah dengan judul Perbandingan Algoritma

Linear Regression Dan Support Vector Regression Untuk Model Prediksi Kekuatan Gempa (Studi Kasus BMKG) yang dibimbing oleh Bapak Yana Cahyana, M.Kom dan Bapak Rahmat, M.Pd.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Dwi Raharjo, A. Mustofa Nur, P. Bidang Penginderaan Jauh dan SIG, P. Bidang Geologi, and B. Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsembung, "Landslides Mapping Karangsembung Geological Nature Preserve Using Remote Sensing and GIS," *Forum Geogr.*, vol. 27, no. 2, pp. 99-114, 2013.
- [2] B. S. Nugroho, "PENGARUH ASIMILASI DATA SATELIT HIMAWARI-8 PADA PEMODELAN CUACA WRF-ARW UNTUK PREDIKSI SIKLON TROPIS The Effect of Himawari-8 Satellite Data Assimilation on WRF-ARW Model for Tropical Cyclone Prediction," vol. 23, no. 1, pp. 11-25, 2022.
- [3] A. Yandi Saputra and Y. Primadasa, "Penerapan Teknik Klasifikasi Untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbour Implementation of Classification Method to Predict Student Graduation Using K-Nearest Neighbor Algorithm," *Techno.Com*, vol. 17, no. 4, p. 9, 2018.
- [4] E. N. A. Suyanto, F. Fahma, M. S. Rusli, and T. Djatna, "IOP Conference Series : Earth and Environmental Science Development of method of optimized flavor production systems design based on nano-emulsification Kawista (Feronia limonia) Fruit extraction Development of method of optimized flavor production syst," pp. 0-12, 2018.
- [5] F. Fadillah, S. A. Wibowo, G. Budiman, F. T. Elektro, and U. Telkom, "APLIKASI BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN METODE SUPPORT VECTOR REGRESSION DESIGN AND IMPLEMENTATION OF STOCK PRICE PREDICTION IN ANDROID-," vol. 7, no. 2, pp. 3869-3876, 2020.
- [6] O. Somantri and R. H. Maharrani, "METODE PENILAIAN KEKUATAN GEMPA MENGGUNAKAN MODEL FEATURE SELECTION M5-PRIME DAN LINEAR," *JIP (Jurnal Inform. Polinema)*, vol. 19, pp. 45-50, 2022.
- [7] N. D. Maulana, B. D. Setiawan, and C. Dewi, "Implementasi Metode Support Vector Regression (SVR) Dalam Peramalan Penjualan Roti (Studi Kasus : Harum Bakery)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 2986-2995, 2019.
- [8] S. Widaningsih, "Perbandingan Metode Data Mining Untuk Prediksi Nilai Dan Waktu Kelulusan Mahasiswa Prodi Teknik Informatika Dengan Algoritma C4,5, Naive Bayes, Knn Dan Svm," *J. Tekno Insentif*, vol. 13, no. 1, pp. 16-25, 2019, doi: 10.36787/jti.v13i1.78.
- [9] A. Arfan and L. ETP, "Perbandingan Algoritma Long Short-Term Memory dengan SVR Pada Prediksi Harga Saham di Indonesia," *PETIR*, vol. 13, no. 1, pp. 33-43, 2020, doi: 10.33322/petir.v13i1.858.
- [10] N. Nafi'iyah and N. N. Aulia, "Price Prediction of Vegetable Oil Kaggle Data with Multiple Linear Regression and Backpropagation," *Sisfotenika*, vol. 12, no. 2, pp. 136-145, 2022, [Online]. Available: <https://www.stmikpontianak.ac.id/ojs/index.php/ST/article/view/1071%0Ahttps://www.stmikpontianak.ac.id/ojs/index.php/ST/article/viewFile/1071/793>
- [11] A. Hidayanti, A. M. Siregar, S. Arum, P. Lestari, and Y. Cahyana, "Model Analisis Kasus Covid-19 Di Indonesia Menggunakan Algoritma Regresi Linier Dan Random Forest," *J. Pengkaj. dan Penerapan Tek. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 91-101, 2022.