

Perbandingan Pemodelan Jumlah Penduduk yang telah divaksin di Jawa Timur menggunakan Metode Estimator Deret Fourier Birespon dengan Fungsi Tren

Ira Yudistira¹, Naylur Rohman², Fariz Fadillah M^{3*} Kuzairi⁴

^{1,2,4} Universitas Islam Madura, Pamekasan, Indonesia

^{3*} Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

* Corresponding author. Jl. Dr. Ir. H. Soekarno, Mulyorejo, Surabaya, Indonesia

E-mail: irayudistira91@gmail.com¹⁾

nailurrohman99@gmail.com²⁾

m.fariz.fadillah.m@fst.unair.ac.id^{3*)}

kuzairi81@gmail.com^{4*)}

Keywords

Vaksinasi, Covid-19,
Deret Fourier, GCV,
MSE. Koefisien
Determinasi

ABSTRACT

Vaksinasi adalah proses pemberian vaksin pada tubuh manusia yang bertujuan meningkatkan kekebalan tubuh secara aktif terhadap suatu penyakit agar tidak menjadi sumber penularan penyakit tersebut. Vaksinasi massal merupakan sebuah keharusan yang harus dipenuhi untuk menanggulangi permasalahan pandemi Covid-19 yang melanda seluruh dunia, termasuk Indonesia. Pada tahun 2021 pelaksanaan vaksinasi Covid-19 di Jawa timur hanya mencapai 50% dari total sasaran yang divaksin. Kekebalan imunitas tercapai ketika 70% penduduk telah divaksin. Sementara ini pelaksanaan program vaksinasi pemerintah sudah mencapai pada vaksin dosis kedua. Berdasarkan uraian tersebut peneliti bertujuan untuk membandingkan pemodelan jumlah penduduk yang telah divaksin dosis pertama dan kedua menggunakan metode deret Fourier Birespon dengan Fungsi Tren. Kriteria kebaikan model yang digunakan adalah nilai GCV dan MSE terkecil, serta nilai koefisien determinasi tertinggi. Model yang diperoleh dalam penelitian ini adalah model dengan basis sinus cosinus. Model tersebut mempunyai nilai GCV dan MSE lebih kecil dibandingkan nilai GCV dan MSE pada basis cosinus dan sinus. Koefisien determinasi model tersebut menunjukkan nilai yang besar.

Vaccination is a process carried out by the human body that aims to increase the body's active immunity against a disease so that people who are vaccinated will not get sick. The Covid-19 outbreak that hit the whole world, including Indonesia. Currently, the implementation of the Covid-19 vaccination in East Java has only reached 50% of the total target being vaccinated. The requirement to achieve immunity must be that 70% of the population has been vaccinated. Based on this description, the researcher aims to compare the modeling of the population that has been vaccinated with the first and second doses using the Fourier series bi-response method with a trend function.

The criteria for the goodness of the model in this study used small GCV and MSE values, and a high coefficient of determination. The model obtained in this study is based on cosine and sine. The model has smaller GCV and MSE values than the cosine and sine basis. The coefficient of determination of the model shows a large value.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.



INTRODUCTION

Pada penghujung tahun 2020, Indonesia menghadapi sebuah kasus pada sektor kesehatan yang membuat masyarakat resah. Masyarakat khawatir tentang penyakit yang disebabkan oleh *Corona Virus Disease* (Covid-19). Covid-19 diperkirakan memiliki beban mortalitas dan morbiditas yang tinggi (Astuti, Nugroho, Lattu, Potempu, & Swandana, 2021). Penyakit ini memiliki intensitas infeksi yang sangat cepat dan meluas, menyerang saluran pernafasan manusia dan merenggut banyak nyawa (Novita & Ramadhani, 2021). Negara-negara di dunia gencar melakukan berbagai kebijakan dikarenakan adanya pandemi Covid-19. Tidak terkecuali Indonesia (Pujaningsih & Sucitawathi, 2020).

Salah satu upaya nyata pemerintah untuk mencegah dan mengendalikan Covid-19 adalah dengan pemberian vaksin oleh tenaga medis (Dahlan, 2021). Pada 5

Oktober 2020, Peraturan Presiden (Perpres) Republik Indonesia Nomor 99 Tahun 2020 diresmikan oleh Presiden Joko Widodo. Perpres tersebut membahas tentang Pengadaan Vaksin dan Pelaksanaan Vaksinasi dalam rangka Penanggulangan Pandemi Covid-19 yang bertujuan untuk mengatur kewenangan pemerintah, kementerian/lembaga dan para pejabatnya dalam merencanakan kegiatan vaksinasi (Rachman & Pramana, 2020).

Vaksinasi massal merupakan sebuah keharusan yang harus dipenuhi untuk menanggulangi permasalahan wabah Covid-19 yang melanda seluruh dunia, termasuk Indonesia (Putri, et al., 2021). Pada tahun 2021, vaksinasi Covid-19 hanya mencapai 20% dari seluruh masyarakat Indonesia yang divaksinasi. Agar tercapainya kekebalan tubuh membutuhkan hingga 70% populasi untuk divaksinasi (Yanuarti, 2021).

Vaksinasi dilakukan dalam tiga tahap. Tahap kedua dilakukan setelah tahap pertama, begitu pula tahap ketiga setelah tahap kedua. Dengan kata lain, jumlah yang divaksin tahap pertama akan berpengaruh terhadap jumlah yang divaksin tahap kedua. Hal ini akan berpengaruh pada capaian yang ditargetkan pemerintah. Pencapaian tiga tahapan vaksinasi dari beberapa kota, hanya kota Jakarta yang terealisasi sedangkan kota Jawa Timur belum terealisasi karena dosis kedua belum mencapai target. Rincian pencapaian vaksinasi di Jawa Timur per tanggal 21 Oktober 2021 sebesar 40,94% untuk dosis pertama, dan 21,61% untuk dosis kedua. Angka tersebut masih terlampaui jauh dari angka yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu 70% masyarakat telah divaksin per tanggal 17 Oktober 2021 (Jatim Tanggap Covid-19, 2021)

Pengetahuan tentang prediksi capaian vaksinasi di masa depan diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menetapkan pedoman cara penanganan Covid-19. Berdasarkan hal ini perlu dilakukan kajian empiris terkait prediksi jumlah penduduk yang divaksin tahap pertama dan tahap kedua. Metode yang dapat digunakan untuk memprediksi dua respon secara bersamaan salah satunya

adalah regresi nonparametrik yang menggunakan estimator Birespon Deret Fourier. Regresi non parametrik bebas dari semua asumsi data yang terdapat pada regresi parametrik, sehingga lebih fleksibel untuk digunakan pada semua data (Ningsih, 2019).

Deret Fourier adalah polinomial dengan fungsi trigonometri yaitu sinus dan cosinus, agar dapat menyesuaikan sifat lokal data dengan efektif. Deret Fourier juga berguna untuk kurva yang mempunyai pola berulang (Dani & Adrianingsih, 2021) Seiring dengan berkembangnya analisis data, Bilodeau (1992) mengembangkan deret Fourier untuk pemulusan data secara Statistik dengan mengakomodasi fungsi tren.

Penelitian yang mengacu pada regresi nonparametrik deret Fourier pernah dilakukan oleh Fatima pada tahun 2019 yang membahas mengenai prediksi pada beban puncak listrik di Madura saat siang dan malam. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh model terbaik yaitu basis cosinus yang mempunyai nilai GCV sebesar 0.00016, nilai MSE sebesar 0.85156, serta koefisien determinasi sebesar 99% jika dibandingkan dengan basis cosinus, dan basis sinus dan cosinus (Fatima, 2019). Pada tahun selanjutnya, Millah meneliti tentang

perbandingan analisis *vector autoregressive* (VAR) dengan regresi nonparametrik birespon deret Fourier pada jumlah pemohon paspor serta paspor keluar saat pandemi Covid-19. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh bahwa model Regresi Nonparametrik Birespon Deret Fourier dengan MAPE $6,202 \times 10^{-6}$ lebih baik dibandingkan dengan model Analisis *Vector Autoregressive* (VAR) dengan MAPE sebesar 3×10^{-3} (Millah, 2021). Pada tahun 2022, Faisol juga membandingkan performa VAR dengan regresi nonparametrik birespon menggunakan estimator deret fourier untuk memodelkan salinitas dan temperatur air laut. Penelitian Faisol menyebutkan bahwa model regresi nonparametrik birespon dengan estimator deret fourier lebih bagus, dimana nilai MAPE sebesar 0,00496 (Faisol, Ukhrowi, Mardianto, Yudistira, & Kuzairi, 2022).

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka peneliti berkeinginan untuk melakukan analisis perbandingan pemodelan jumlah penduduk yang telah divaksin dosis pertama dan dosis kedua. Metode analisis yang digunakan adalah regresi non parametrik birespon deret fourier dengan fungsi *tren*. Ukuran perbandingan yang digunakan adalah *mean square error* (MSE), *generalized cross*

validation (GCV), koefisien determinasi (R^2).

METHODS

Uji Korelasi

Syarat awal untuk membentuk model peramalan nonparametric birespon adalah adanya korelasi antara dua variabel respon yang digunakan. Hipotesis dalam uji korelasi tersebut adalah

$H_0 : \rho = 0$ (tidak terdapat korelasi antara x dan y)

$H_1 : \rho \neq 0$ (terdapat korelasi antara x dan y)

Bentuk statistik yang digunakan untuk uji korelasi di atas adalah

$$t_{hit} = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}}$$

t_{hit} menyebar mengikuti distribusi t yang mempunyai derajat bebas ($n-2$)

dengan

n : banyaknya pengamatan

r_{xy} : koefisien korelasi sampel antara variabel acak X dan Y yang dihitung dengan rumus

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] [n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

Kriteria pengambilan keputusan dalam uji ini adalah tolak $H_0: \rho = 0$ jika $|t_{hit}| \geq t_{0,5\alpha;(n-2)}$ dan terima H_0 jika $|t_{hit}| < t_{0,5\alpha;(n-2)}$ (Rosyadi & Suyantiningsih, 2020).

Analisis Regresi Nonparametrik

Birespon

Regresi nonparametric digunakan ketika disumsikan bentuk kurva regresi tidak diketahui. Jika diberikan data berpasangan (t_i, y_i) , maka bentuk umum dari regresi nonparametrik untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$ yang sesuai sebagai berikut

$$y_i = f(t_i) + \varepsilon_i; \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

y_i = respon ke i

$f(t_i)$ = sebagai representasi kurva regresi melalui pendekatan fungsi tertentu dalam regresi nonparametrik

ε_i = error (Faisol, Ukhrowi, Mardianto, Yudistira, & Kuzairi, 2022).

Analisis regresi yang mempunyai dua variabel pada variabel respon serta diantara variabel respon tersebut terdapat hubungan yang kuat antara variabel respon, baik secara logis maupun matematis, bentuk seperti ini disebut regresi birespon. Secara umum, model regresi nonparametrik birespon dapat ditulis dengan fomula berikut (Faisol, Ukhrowi, Mardianto, Yudistira, & Kuzairi, 2022):

$$\begin{cases} y_{i1} = f_1(x_{i1}) + \varepsilon_{i1} \\ y_{i2} = f_2(x_{i2}) + \varepsilon_{i2} \end{cases}$$

Estimasi Model Regresi Nonparametrik

Birespon Deret Fourier

Deret Fourier adalah fungsi polinomial trigonometri dengan fleksibilitas tinggi. Deret Fourier adalah kurva yang mewakili fungsi sinus dan cosinus. Dengan memperluas ke dalam bentuk deret Fourier, maka fungsi periodik dapat dinyatakan sebagai penjumlahan beberapa fungsi harmonik yang merupakan fungsi dari cosinus dan sinus, termasuk fungsi sinusoidal (Mardianto, et al., 2019)

Definisi 1.

Mengingat $f(x)$ adalah suatu fungsi yang dapat diintegalkan dan diferensiabel dalam interval $[a, a + 2L]$, maka representasi deret Fourier dalam interval tersebut terhadap $f(x)$ yang terdiri dari komponen trigonometri cosinus dan sinus adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos k^*x + b_n \sin k^*x)$$

dengan $k^* \approx \frac{n\pi}{L}; n = 1, 2, 3, \dots$

di mana koefisien Fourier ditentukan oleh formulasi berikut

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_a^{a+2L} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_a^{a+2L} f(x) \cos k^*x dx$$

$$b_n = \frac{1}{L} \int_a^{a+2L} f(x) \sin k^*x dx$$

Model regresi nonparametrik birespon dengan Estimator deret forier mempunyai

tiga basis yaitu basis sinus, cosinus, dan sinus cosinus. Berikut adalah bentuk umum model untuk basis sinus dan cosinus

$$\hat{y}_{1i} = \hat{f}_{1i} = \frac{\hat{a}_{01}}{2} + \gamma_1 t_{il} + \sum_{k=1}^K (\hat{a}_{k1} B kt_{il})$$

$$\hat{y}_{2i} = \hat{f}_{2i} = \frac{\hat{a}_{02}}{2} + \gamma_2 t_{il} + \sum_{k=1}^K (\hat{a}_{k2} B kt_{il})$$

Dimana B adalah *sin* jika model basis sinus dan *cos* jika model basis cosinus. Sedangkan model dengan basis sin cos adalah

$$\hat{y}_{1i} = \hat{f}_{1i} = \frac{\hat{a}_{01}}{2} + \gamma_1 t_{il} + \sum_{k=1}^K (\hat{a}_{k1} \cos kt_{il} + \hat{b}_{k1} \sin kt_{il})$$

$$\hat{y}_{2i} = \hat{f}_{2i} = \frac{\hat{a}_{02}}{2} + \gamma_2 t_{il} + \sum_{k=1}^K (\hat{a}_{k2} \cos kt_{il} + \hat{b}_{k2} \sin kt_{il})$$

Model estimasi nonparametrik birespon deret Fourier diperoleh dengan cara mensubstitusikan nilai-nilai parameter dan jumlah parameter osilasi k pada model regresi.

Menentukan Model Terbaik

Model terbaik dipilih dengan cara membandingkan nilai GCV, MSE, dan nilai R^2 dari setiap model dengan basis berbeda. Model terbaik merupakan model yang mempunyai nilai GCV minimum serta R^2 maksimum (Ahadiyah, 2022). Nilai GCV dengan jumlah data n dan parameter osilasi k dan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$GCV(K) = \frac{MSE(k)}{(n^{-1} \text{trace}(I - A[k]))^2}$$

dengan I matriks identitas dan $A[k]$ adalah matriks hat (Kuzairi, et al., 2022).

Mean Square Error (MSE) adalah nilai yang digunakan untuk mengevaluasi hasil prediksi. Saat menggunakan MSE, kesalahan yang ada menunjukkan seberapa mirip hasil estimasi dengan data asli. MSE dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut (Zahrah, 2020):

$$MSE[k] = \frac{1}{n} \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}[k])^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}[k]) \mathbf{y}$$

Koefisien determinasi adalah ukuran rasio variabel prediktor terhadap variabel respon. Koefisien determinasi dihitung dengan rumus berikut:

$$R^2 = \frac{(\hat{y} - \bar{y})^T (\hat{y} - \bar{y})}{(y - \bar{y})^T (y - \bar{y})}$$

dengan \bar{y} merupakan vektor yang memuat rata-rata respon. (Mardianto & Budiantara, 2014)

RESULT AND DISCUSSION

1. Statistika Deskriptif Data

Data yang diambil adalah data persentase jumlah penduduk yang telah divaksin dosis pertama (y_1) dan kedua (y_2) di Jawa Timur selama 6 bulan dari bulan Agustus 2021-Januari 2022. Analisis deskriptif data dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Statistika Deskriptif Vaksinasi Dosis Pertama dan dosis kedua

Nilai	y_1	y_2
minimum	0,188	0,077
Maksimum	0,677	0,496
Rata-Rata	0,445	0,284
Standart Deviasi	0,156	0,132

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa variabel y_1 mempunyai nilai minimum sebesar 0,188 terjadi pada bulan Agustus, dan nilai maksimumnya sebesar 0,677 terjadi pada bulan Januari dengan rata-rata 0,445. Sedangkan variabel y_2

mempunyai nilai minimum sebesar 0,077 terjadi pada bulan Januari, sedangkan nilai maksimumnya sebesar 0,496 terjadi pada bulan April dengan rata-rata 0,284.

2. Pemodelan Regresi Nonparametrik Birespon Deret Fourier dengan Tren

Estimator yang digunakan adalah estimator dengan menggunakan

pendekatan deret Fourier. Pemodelan dilakukan dengan tiga basis, yaitu basis cosinus, sinus, dan sinus cosinus.

Tahapan pertama dalam pemodelan regresi nonparametrik melalui estimator deret Fourier adalah menentukan nilai parameter osilasi (k). Nilai k ditentukan berdasarkan nilai GCV, dimana k optimum adalah k dengan nilai GCV minimum. Nilai GCV dan R^2 dari model dengan tiga basis yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Nilai GCV Model (Basis Cosinus)

Basis Cosinus			
k	GCV	R_k^2	$\Delta R_k^2 = R_{k+1}^2 - R_k^2$
1	54.839.606	0,9872806	
2	54.149.560	0,9874795	0,0001989
3	53.059.849	0,9887600	0,0012805

4	52.627.397	0,9883728	-0,0003872
5	51.802.182	0,9890555	0,0006827
6	49.349.393	0,9925480	0,0034925
7	48.681.000	0,9930103	0,0004623

Tabel 3 Nilai GCV Model (Basis Sinus)

Basis Sinus			
k	GCV	R_k^2	ΔR_k^2
1	55.654.369	0,9847360	
2	54.910.561	0,9850968	0,000361
k	GCV	R_k^2	ΔR_k^2
3	54.378.487	0,9849167	-0,00018
4	53.906.308	0,9846622	-0,00025
5	52.954.634	0,9857055	0,001043
6	50.476.907	0,9934282	0,007723
7	48.630.269	0,9969258	0,003498

Tabel 4 Nilai GCV Model (Basis Sinus Cosinus)

Basis Sinus Cosinus			
k	GCV	R_k^2	ΔR_k^2
1	53.752.237	0,9884667	
2	52.383.311	0,9889531	0,000486
3	50.848.171	0,989974	0,001021
4	49.974.043	0,9892881	-0,00069
5	48.352.734	0,9907769	0,001489
6	44.759.517	0,9987813	0,008004
7	43.390.163	0,9998565	0,001075

Berdasarkan Tabel 2 sampai tabel 4, nilai GCV minimum untuk basis cosinus adalah 49.349.393 dengan k sebesar 6. Selisih nilai R^2 maksimum terdapat pada $k = 6$ yaitu sebesar 0,0034925. Nilai GCV minimum untuk basis sinus adalah 50.476.907 dengan k sebesar 6. Selisih nilai R^2 maksimum terdapat pada $k = 6$ yaitu sebesar 0,007723. Sedangkan nilai GCV minimum untuk basis sinus cosinus adalah 44.759.517 dengan k sebesar 6. Selisih Nilai R^2 maksimum terdapat pada $k = 6$ yaitu sebesar 0,008004. Berdasarkan dua kriteria tersebut didapat nilai k optimum

untuk model nonparametrik birespon pada basis cosinus, sinus, dan sinus cosinus adalah adalah 6.

3. Pemilihan Model Terbaik

Model terbaik diperoleh dengan cara melihat nilai GCV, MSE, dan R^2 dari masing-masing model terpilih. Model yang lebih baik yaitu model dengan nilai GCV, MSE terkecil serta nilai R^2 yang terbesar.

Nilai GCV, MSE, dan R^2 dari ketiga model dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Perbandingan nilai GCV, MSE dan R^2

Basis	k	GCV	MSE	R^2
Cosinus	6	49.349.393	1,08230349	99,25%
Sinus	6	50.476.907	1,10703	99,34%
Sinus cosinus	6	44.759.517	1,052155	99,87%

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa estimator deret Fourier dengan basis sinus cosinus adalah yang terbaik dari ketiganya, yaitu:

$$\hat{y}_{i1} = 0,1681587 + 0,0002957495t_{i1} +$$

$$-0,0002421223 \cos t_{i1} +$$

$$0,000002172553 \cos 2t_{i1} +$$

$$0,0001387937 \cos 3t_{i1} +$$

$$0,000007529672 \cos 4t_{i1} -$$

$$0,0001727081 \cos 5t_{i1} +$$

$$0,0002635696 \cos 6t_{i1} +$$

$$0,00005279639 \sin t_{i1} -$$

$$0,0001544323 \sin 2t_{i1} +$$

$$000001466279 \sin 3t_{i1} +$$

$$0,0001143536$$

$$- 0,0003968597 \sin 6t_{i1}$$

$$\hat{y}_{i2} = 0,005417103 + 0,0002488172t_{i1} -$$

$$0,00003976347 \cos t_{i1} -$$

$$0,000006973482 \cos 2t_{i1} -$$

$$0,0000006953360 \cos 3t_{i1} -$$

$$\begin{aligned} &0,00001975733 \cos 4t_{i1} + \\ &0,00002335754 \cos 5t_{i1} - \\ &0,00003364084 \cos 6t_{i1} + \\ &0,000008645429 \sin t_{i1} - \\ &0,00002141447 \sin 2t_{i1} + \\ &0,000002156987 \sin 3t_{i1} - \\ &0,00001150052 \sin 4t_{i1} + \\ &0,00001003946 \sin 5t_{i1} - \\ &0,00003211487 \sin 6t_{i1} \end{aligned}$$

Model tersebut mempunyai GCV dan MSE berturut-turut sebesar 44.759.517 dan 1,052155. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan nilai GCV dan MSE pada cosinus dan sinus. R^2 model sebesar 99,87% nilai tersebut mengartikan bahwa model dengan basis sinus cosinus dapat menjelaskan hubungan antara jumlah penduduk yang telah divaksin dosis pertama dan kedua dengan waktu, sedangkan 0,13% sisanya dijelaskan oleh variabel residual Model

CONCLUSION

Model terbaik pada regresi nonparametrik birespon melalui pendekatan deret Fourier untuk perbandingan pemodelan jumlah orang yang telah divaksin dosis pertama dan kedua di Jawa Timur pada tahun 2021-2022 adalah model dengan basis sinus cosinus. Model tersebut mempunyai GCV, MSE, dan R^2 berturut-turut sebesar 44.759.517 ;1,052155 dan 99,87%.

REFERENCES

- Ahadiyah, K., & Dewi, A. F., (2022). Perbandingan Model *Generalized AMMI* (GAMMI) dengan *Row Column Interaction Model* pada Interaksi Genotipe dan Lingkungan. *Jurnal Focus ACTION Of Research Mathematic*. Vol. 4 No. 2 55-64.
- Astuti, N. P., Nugroho, E. G., Lattu, J. C., Potempu, I. R., & Swandana, D. A. (2021). Persepsi Masyarakat Terhadap Penerimaan Vaksinasi Covid-19 . *Jurnal Keperawatan, 13*, 569-580.
- Dahlan, D. N. (2021). Upaya Petugas Kesehatan Dalam Menumbuhkan Semangat Vaksin Pada Masyarakat (Fenomena Ledakan Minat Vaksin Covid-19) Kota Tulung Agung Jawa Timur. *SIJPE, 70-76*.
- Dani, T. A., & Adrianingsih, Y. N. (2021). Pemodelan Regresi Nonparametrik dengan Estimator Spline Truncated dan Deret Fourier. *Jambura Journal Of Mathematics, 26-36*.
- Faisal, , Ukhrowi, P., Mardianto, M. F., Yudistira, I., & Kuzairi, . (2022). COMPARISON OF SALINITY AND SEAWATER TEMPERATURE PREDICTIONS USING VAR AND BIRESPPONSE FOURIER SERIES ESTIMATOR . *Barakeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, 1465-1476*.
- Fatima, S. (2019). *Estimator Deret Fourier Dalam Regresi Nonparametrik Birespon Untuk Prediksi Beban Puncak Listrik Di Madura Ketika Siang dan Malam Hari*. Pamekasan: Universitas Islam Madura.

- Hardine, D. R., Abdullah, A., Ikbal, M., & Chamidah, N. (2017). Pemodelan Kadar Gula Darah dan Tekanan Darah Pada Remaja Penderita Diabetes Miletus Tipe II dengan pendekatan Regresi Nonparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Spline. *Seminar Nasional Matematika dan Aplikasin y*, 308-312.
- Kuzairi, , Azizah, N., Mardianto, M. F., Yudistira, I., Faisol, , Yulianto, T., & Amalia, R. (2022). THE PARAMETRIC AND NONPARAMETRIC ESTIMATOR IN SEMIPARAMETRIC REGRESSION FOR LONGITUDINAL DATA WITH SPLINE APPROACH. *Kursor*, 187-194.
- Mardianto, M. F., & Budiantara, I. (2014). Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Dengan Pendekatan Deret Fourier. *Proseding Seminar Matematika Unud Denpasar*.
- Mardianto, M., Tjahjono, E., & Rifada, M. (2019). Semiparametric Regression Based on Three Forms of Trigonometric Function in Fourier Series Estimator. IOP Publishing.
- Millah, W. (2021). *Prediksi jumlah Pemohon Paspur Serta Paspur Keluar Saat Pandemi Covid-19 Berdasarkan Analisis Vecto Autoregressive (VAR) dan Regresi nonparametrik Birespon Deret Fourier*. Pamekasan: Universitas Islam Madura.
- Ningsih, S. S. 2019. Generalized Space-Time Autoregressive (GS-STAR). *Jurnal Focus ACTION Of Research Mathematic*, Vol. 2 No. 1 39-50.
- Novita, A., & Ramadhani, N. R. (2021). Webinar Vaksinasi Covid-19 Untuk Meningkatkan Kesadaran Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Kesehatan Masyarakat*, 1, 29-33.
- Pujaningsih, N. N., & Sucitawathi, I. D. (2020). Penerapan Kebijakan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PKM) Dalam Penanggulangan Wabah Covid-19 Di Kota Denpasar. *Jurnal MODERAT*, 458-470.
- Putri, K. E., Wiranti, K., Ziliwu, Y. S., Elvita, M., Frare, D. Y., Purdani, R. S., & Niman, S. (2021). Kecemasan Masyarakat Akan Vaksinasi Covid-19. *Jurnal Keperawatan Jiwa (JKJ)*, 9, 539-548.
- Rachman, F. F., & Pramana, S. (2020). Analisis Sentimen Pro dan Kontra Masyarakat Indonesia tentang Vaksin COVID-19 pada Media Sosial Twitter. *Indonesian of Health Information Management Journal*, 8, 100-109.
- Rosyadi, M. I., & Suyantiningsih, . (2020). Korelasi antara Persepsi dan Pengelolaan dan Layanan Pustaka Dengan Motivasi Belajar Digital Library UNY. *Jurnal EPISTEMA*, 52-67.
- Yanuarti, R. (2021). Analisis Media Sosial Twitter Terhadap Topik Vaksinasi Covid-19. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 6, 120-130.
- Zahrah, M. (2020). *Prediksi Tingkat Hunian Hotel Di Kabupaten Pamekasan Berdasarkan Estimator Deret Fourier dengan dan Tanpa Tren*. Pamekasan: Universitas Islam Madura.

