

E-ISSN : 2830-2028

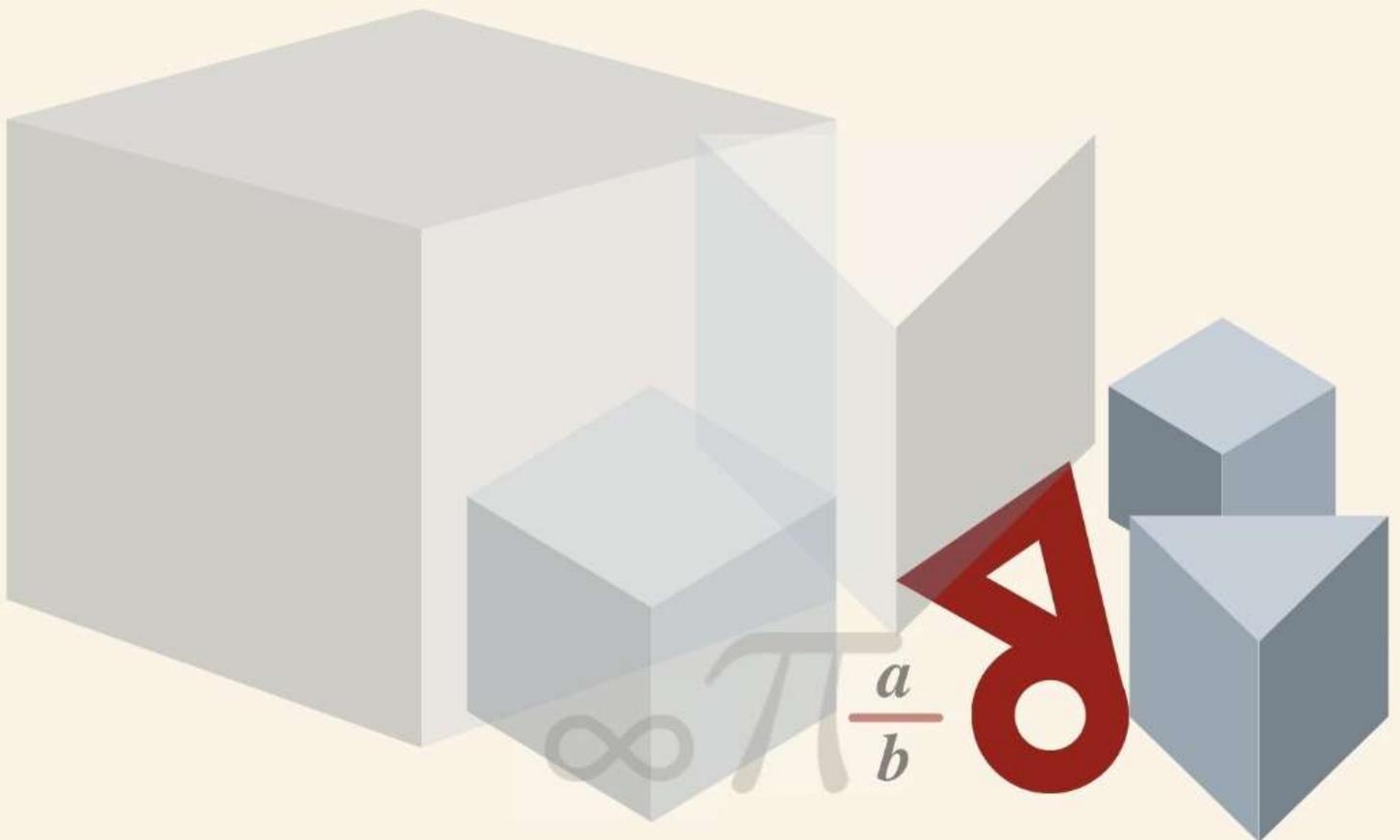
P-ISSN : 2962-1402

Volume 3 Nomor 2, Desember (2023)



JURNAL FRACTION

Jurnal Teori dan Terapan Matematika



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG**



<https://fraction.ubb.ac.id>

**PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN BAYI AKIBAT TETANUS NEONATORUM
DENGAN METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ZERO-INFLATED
POISSON REGRESSION
MODELING THE NUMBER OF INFANT DEATH DUE TO
NEONATORUM TETANUS USING GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ZERO-INFLATED
POISSON REGRESSION METHOD**

Astri Maulini¹, Nurfitri Imro'ah^{2,a}, Siti Aprizkiyandari³

¹Prodi Statistika Universitas Tanjungpura [Email: astrimaullini@student.untan.ac.id]

² Prodi Statistika Universitas Tanjungpura [Email: nurfitriimroah@math.untan.ac.id]

³ Prodi Agroteknologi Universitas Tanjungpura [Email: siti.aprizkiyandari@faperta.untan.ac.id]

^anurfitriimroah@math.untan.ac.id

ABSTRAK

Tetanus Neonatorum (TN) adalah infeksi pada bayi yang disebabkan oleh bakteri *Clostridium tetani*. Pada tahun 2020, *Case Fatality Rate* (CFR) akibat TN di Indonesia meningkat menjadi 50% dibandingkan tahun 2019 yang sebesar 11,76%. Sehingga perlu kajian terhadap jumlah kematian bayi akibat TN. Penelitian ini membahas pemodelan dan faktor yang mempengaruhi penyakit TN di Indonesia menggunakan metode *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR). Model GWZIPR dibagi menjadi dua berdasarkan keadaan (*state*) yaitu model ln untuk *poisson state* dan model logit untuk *zero state*. Data dalam penelitian ini adalah jumlah kematian bayi akibat TN, persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+, persentase ibu hamil melakukan persalinan di faskes, serta persentase puskesmas melaksanakan P4K pada 34 provinsi di Indonesia tahun 2020. Hasil penelitian ini adalah terdapat *excess zero* sebesar 58,82 % dan terjadi heterogenitas spasial sehingga setiap daerah memiliki model yang berbeda berdasarkan variabel signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi akibat penyakit TN dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan variabel signifikan pada model ln dan logit.

Kata Kunci: *Adaptive bisquare kernel, Clostridium tetani, Excess Zeros, GWZIPR, Overdispersi*

ABSTRACT

Tetanus Neonatorum (TN) is an infection in infants caused by the Clostridium tetani bacteria. In 2020, the Case Fatality Rate (CFR) due to TN in Indonesia increased to 50% compared to 2019, which was 11.76%. So it is necessary to study the number of infant deaths due to TN. This study discusses the modeling and factors that influence TN disease in Indonesia using the Geographically-Weighted Zero-Inflated Poisson Regression (GWZIPR) method. The GWZIPR model is divided into two based on the state: the ln model for the Poisson state and the logit model for the zero states. The data in this study are the number of infant deaths due to TN, the percentage of pregnant women carrying out Td2+ immunization, the percentage of pregnant women delivering at health facilities, and the percentage of puskesmas carrying out P4K in 34 provinces in Indonesia in 2020. The results of this study are that there is an excess zero of 58.82% and spatial heterogeneity occurs so that each region has a different model based on significant variables. The factors that influence the number of infant deaths due to TN are divided into four groups based on significant variables in the ln and logit models.

Keywords: *Adaptive bisquare kernel, Clostridium tetani, Excess Zeros, GWZIPR, Overdispersion*

1. PENDAHULUAN

Bayi pada masa 0-28 hari (neonatus) mempunyai tubuh yang sangat lemah dan rentan terkena penyakit, sehingga tanpa penanganan yang tepat dapat mengakibatkan kematian. Kematian bayi pada masa neonatus dapat dipengaruhi oleh kondisi ibu pada saat hamil, bersalin dan perawatan bayi baru lahir. Tetanus Neonatorum (TN) adalah infeksi yang terjadi pada neonatus disebabkan oleh bakteri *Clostridium tetani* yang menyerang sistem pusat saraf [3]. TN biasanya terjadi akibat praktik persalinan yang tidak higienis, seperti memotong tali pusat dengan alat-alat yang tidak steril. Secara umum, gejala akan muncul rata-rata 7 hari setelah kelahiran. Jika tidak segera ditangani, kondisi ini dapat membuat bayi tidak dapat bernapas dan berakibat kematian. Pada tahun 2020, *Case Fatality Rate* (CFR) akibat penyakit TN di Indonesia meningkat menjadi 50% dibandingkan tahun 2019 yang sebesar 11,76% [5]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pencegahan sejak dini dari penyakit TN.

Indonesia telah melakukan program imunisasi vaksin Tetanus Toksoid Difteri (Td2+) pada ibu

hamil sebagai langkah pencegahan infeksi TN pada bayi. Akan tetapi pada tahun 2020 terjadi penurunan cakupan ibu hamil yang melakukan imunisasi Td2+ sebesar 10,18% dibandingkan tahun 2019. Penurunan ini diasumsikan terjadi karena implementasi program di daerah terdampak pandemi COVID-19 [5]. Sehingga perlu kajian terhadap kasus penyakit TN yang mengakibatkan kematian, dimana jumlah kematian akibat penyakit TN berbentuk data cacah (*count*).

Data cacah merupakan data yang dihitung sebagai jumlah kejadian dalam interval waktu tertentu. Pemodelan untuk data cacah dapat dilakukan menggunakan regresi poisson, yaitu analisis yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dengan mengasumsikan variabel respon diasumsikan berdistribusi poisson [8]. Analisis data menggunakan model regresi poisson harus memenuhi asumsi seperti nilai varians sama dengan rata-rata dari variabel respon tersebut atau equidispersi. Namun, dalam kenyataannya sering terjadi pelanggaran asumsi tersebut, yaitu nilai variansnya lebih besar dari nilai rata-rata yang dinamakan overdispersi. Hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya nilai nol pada variabel respon (*excess zeros*).

Zero-Inflated Poisson Regression (ZIPR) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah overdispersi. Metode ZIPR menghasilkan penaksir parameter yang bersifat global untuk seluruh lokasi data. Data yang diambil dari beberapa lokasi mewakili kondisi yang berbeda dari masing-masing lokasi, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya heterogenitas spasial. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik masyarakat (sosial budaya), kondisi geografis (kenampakan alam) dan perekonomian dari setiap lokasi pengamatan. Dengan adanya hal tersebut, maka digunakan pengembangan metode ZIPR yang telah memperhitungkan faktor spasial, yaitu metode *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR). Penelitian ini bertujuan untuk membentuk pemodelan serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kematian bayi akibat penyakit TN di Indonesia dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR).

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kematian bayi akibat penyakit TN (Y), persentase ibu hamil melakukan imunisasi Tetanus Toksoid Difteri 2+ (X_1), persentase ibu hamil melakukan persalinan di fasilitas pelayanan kesehatan (X_2), serta persentase puskesmas melaksanakan Program Perencanaan Persalinan dan Pencegahan Komplikasi atau P4K (X_3) pada 34 provinsi di Indonesia tahun 2020. Dalam penelitian ini juga digunakan data lokasi pengamatan berupa koordinat garis bujur/*longitude* (u) dan garis lintang/*latitude* (v) pada 34 provinsi di Indonesia.

Setelah data diperoleh, langkah pertama yang harus dilakukan analisis statistik deskriptif pada data. Kemudian dilakukan uji multikolinearitas pada variabel prediktor menggunakan kriteria uji VIF (*Variance Inflation Factor*). Apabila tidak terjadi multikolinearitas maka dilakukan estimasi parameter model ZIPR. Selanjutnya dilakukan uji signifikansi parameter secara simultan. Setelah itu dilakukan uji *Koenker-Bassett* untuk mengidentifikasi asumsi heterogenitas spasial pada data. Apabila terdapat heterogenitas spasial maka digunakan metode GWZIPR untuk mengatasi heterogenitas spasial.

Langkah selanjutnya adalah penghitungan jarak *euclidean* antara lokasi pengamatan berdasarkan *longitude* dan *latitude*. Setelah diperoleh jarak *euclidean*, ditentukan *bandwidth* optimum untuk setiap lokasi pengamatan. Kemudian dibentuk matriks pembobot dengan menggunakan fungsi *adaptive bisquare kernel*. Selanjutnya dilakukan Estimasi parameter model GWZIPR dengan menggunakan metode *maximum likelihood estimation*. Setelah itu dilakukan pengujian signifikansi pada parameter model GWZIPR secara simultan. Kemudian dilakukan pengujian koefisiensi parameter model GWZIPR secara parsial terakhir melakukan interpretasi pada model GWZIPR.

2.1 Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah suatu kondisi dimana terjadi korelasi antara beberapa atau semua variabel prediktor di dalam model regresi. Besaran (*quality*) yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya multikolinearitas adalah faktor inflasi ragam (*Variance Inflation Factor/VIF*). Jika nilai $VIF > 10$ maka terjadi multikolinearitas pada model. Persamaan untuk nilai VIF adalah [4]:

$$VIF_p = \frac{1}{1-R_p^2}, p = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

dengan R_p^2 merupakan koefisien determinasi dari model regresi variabel prediktor ke- p dengan sisa variabel prediktor lainnya.

2.2 Overdispersi

Overdispersi adalah kondisi dimana variansi dari variabel respon lebih besar dari nilai *mean* variabel respon. Jika nilai dispersi (Φ) > 1 maka terjadi overdispersi pada data. Salah satu pengukuran yang digunakan untuk mendeteksi overdispersi adalah *pearson chi-square* [10]:

$$\Phi = \frac{\chi^2}{db} \quad (2)$$

dengan $db = n - (k+1)$. k merupakan banyaknya parameter, sedangkan n adalah jumlah pengamatan.

2.3 Metode Zero Inflated Poisson Regression

Zero-Inflated Poisson Regression (ZIPR) merupakan modifikasi dari regresi Poisson yang digunakan untuk menganalisis variabel respon yang banyak observasi bernilai nol (*excess zeros*) dalam data [6]. Setiap pengamatan pada variabel respon Y_1, Y_2, \dots, Y_n saling bebas dan

$$Y_i \sim \begin{cases} 0, & \text{dengan peluang } \pi_i \\ \text{Poisson}(\mu_i), & \text{dengan peluang } (1 - \pi_i) \end{cases} \quad (3)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$; n adalah banyaknya jumlah pengamatan

Fungsi probabilitas untuk Y_i adalah sebagai berikut:

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i)e^{-\mu_i}, & y_i = 0 \\ \frac{(1 - \pi_i)e^{-\mu_i}\mu_i^{-y_i}}{y_i!}, & y_i > 0 \end{cases}$$

Fungsi *likelihood* dari ZIPR diperoleh dengan mensubstitusi *link function* dari model ZIPR ke fungsi densitasnya yaitu:

$$\pi_i = \frac{\mu_i = \exp(x_i^T \beta)}{1 + \exp(x_i^T \gamma)} \quad (4)$$

Sehingga model ZIPR dapat ditulis sebagai berikut.

$$\ln(\mu) = \beta_0 + \beta_1 x_{1k} + \dots + \beta_k x_{1k} \quad (5)$$

$$\text{logit}(\mu) = \gamma_0 + \gamma_1 x_{1k} + \dots + \gamma_k x_{1k} \quad (6)$$

Pengujian parameter model ZIPR secara simultan dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor secara bersama-sama berpengaruh atau tidak terhadap model yang terbentuk. Statistik uji yang digunakan adalah *likelihood ratio* dengan persamaan sebagai berikut [7]:

$$G = -2 \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] \sim X_{(\alpha, 2(k+1))}^2 \quad (7)$$

Kriteria Uji: Jika $G > X_{(\alpha, 2(k+1))}^2$ maka model ZIPR layak digunakan.

2.4 Heterogenitas Spasial

Heterogenitas spasial adalah keadaan dimana terdapat data spasial yang bervariasi dan merujuk pada adanya keberagaman dalam hubungan secara kewilayahan. Hal ini menyebabkan fenomena grafis pada suatu lokasi tertentu tidak digambarkan dengan baik oleh parameter global yang diduga dari data geografis [2]. Heterogenitas spasial pada data dapat diketahui dengan melakukan uji *Koenker-Bassett*. Uji *Koenker-Bassett* didasarkan pada kuadrat residual ($\hat{\varepsilon}_i^2$) hasil regresi dari variabel respon terhadap variabel prediktor yang digunakan. Statistik uji *Koenker-Bassett* adalah sebagai berikut [9]:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\gamma}_1}{se(\hat{\gamma}_1)} \quad (8)$$

Kriteria Uji: Tolak H_0 jika nilai $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ atau $p - value < \alpha$.

2.5 Pembobotan Adaptive Bisquare Kernel

Langkah pertama dalam memperoleh matriks adalah menghitung jarak *euclidean*. Jika lokasi ke- j terletak pada koordinat (u_i, v_i) maka akan diperoleh jarak *euclidean* ($d_{i,j}$) antara lokasi ke- i dan lokasi ke- j dengan persamaan sebagai berikut [9]:

$$d_{i,j} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (9)$$

Selanjutnya, ditentukan *bandwidth* optimum setiap lokasi pengamatan. Pemilihan *bandwidth* optimum dapat mengatur ragam dan bias dari data. Metode yang digunakan untuk memperoleh *bandwidth* optimum adalah *Cross Validation* (CV). *Bandwidth* dapat dikatakan optimum jika didapatkan *Cross Validation* yang minimum. Persamaan *Cross Validation* yang digunakan adalah sebagai berikut [9]:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (10)$$

Penentuan pembobot $w_{ij}(u_i, v_i)$ menggunakan fungsi *adaptive kernel bisquare*. Jika jarak antara lokasi pengamatan ke- i dengan lokasi ke- j lebih besar dari nilai *bandwidth* (h) maka lokasi tersebut diberi bobot nol. Sebaliknya jika jarak antar lokasi tersebut kurang dari atau sama dengan nilai *bandwidth* maka diberi bobot mendekati satu seiring dengan dekatnya jarak antara lokasi pengamatan ke- i dengan pengamatan ke- j . Fungsi pembobot *adaptive bisquare kernel* sebagai berikut [2]:

$$w_{i,j} = \begin{cases} \left(1 - \frac{d_{i,j}^2}{h_i^2}\right)^2, & d_{i,j} \leq h_i \\ 0, & d_{i,j} > h_i \end{cases} \quad (11)$$

2.6 Metode Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression

Metode GWZIPR adalah pengembangan dari *Zero-Inflated Poisson Regression* (ZIPR) yang terdapat efek spasial sehingga menghasilkan penaksir parameter model bersifat lokal untuk setiap lokasi. Keterlibatan faktor letak geografis dalam GWZIPR ditunjukkan oleh adanya koordinat (u_i, v_i) . Faktor geografis merupakan faktor pembobot pada model GWZIPR yang menunjukkan sifat lokal dari parameter dengan nilai yang berbeda-beda untuk setiap lokasi. Fungsi *likelihood* dari GWZIPR adalah sebagai berikut [6]:

$$\mu_i = e^{x_i^T \beta(u_i, v_i)}$$

$$\pi_i = \frac{e^{x_i^T \gamma(u_i, v_i)}}{1 + e^{x_i^T \gamma(u_i, v_i)}}$$

Sehingga model ZIPR dapat ditulis sebagai berikut.

$$\ln(\mu) = \beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{1k} + \dots + \beta_k(u_i, v_i)x_{1k}$$

$$\text{logit}(\mu) = \gamma_0(u_i, v_i) + \gamma_1(u_i, v_i)x_{1k} + \dots + \gamma_k(u_i, v_i)x_{1k}$$

2.7 Pengujian Hipotesis GWZIPR

Pengujian secara simultan dilakukan untuk mengetahui signifikansi pada parameter $\beta(u_i, v_i)$ dan $\gamma(u_i, v_i)$. Statistik uji yang digunakan yaitu uji rasio *likelihood* (devians). Devians terbentuk dari dua \ln *likelihood* dari $L(\hat{\Omega})$ dan $L(\hat{\omega})$ yakni [6]:

$$G = -2 \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] \sim X^2_{(\alpha, n-(k+1))} \quad (12)$$

Kriteria uji: Jika nilai $G > X^2_{(\alpha, n-(k+1))}$, maka model GWZIPR maka ada salah satu atau lebih variabel prediktor mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel respon

Setelah dilakukan pengujian secara simultan, maka dilakukan pengujian secara parsial yang bertujuan untuk mengetahui signifikansi masing-masing parameter $\beta(u_i, v_i)$, dan masing-masing parameter $\gamma(u_i, v_i)$ di setiap lokasi pengamatan. Statistik uji yang digunakan yaitu statistik uji *Wald* sebagai berikut [1].

$$W = \frac{\hat{\gamma}(u_i, v_i)}{se(\hat{\gamma}(u_i, v_i))} \sim Z_{(\alpha/2)} \quad (13)$$

Kriteria uji: Jika nilai $W > Z_{\alpha/2}$ maka variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2020, terdapat 54 kasus kematian bayi akibat penyakit TN di Indonesia. Dari 34 provinsi yang diamati terdapat 20 provinsi yang tidak terjadi kematian bayi akibat penyakit TN. Data jumlah kematian bayi akibat TN mengandung *excess zeros* sebesar $\frac{20}{34} = 58,82\%$ sehingga sesuai dengan kondisi ZIP yaitu lebih dari 50% data bernilai nol. Statistik deskriptif untuk data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maksimum
Y	1,588	6,419	0,000	10,000
X ₁	0,448	0,045	0,000	0,869
X ₂	0,788	0,037	0,314	0,996
X ₃	0,605	0,206	0,000	1,000

Jumlah kematian bayi akibat penyakit TN terdapat pada 14 provinsi, yaitu Provinsi Banten, Kalteng, Sumut, Jatim Papua, Sumsel Malut, Jambi, Jabar, Kalbar, Riau, NTB, Kalsel, dan Sulteng. Jumlah kematian tertinggi berada di provinsi Banten.

3.1 Uji Multikolinearitas

Selanjutnya dilakukan pengecekan ada atau tidaknya kasus multikolinearitas antara variabel prediktor. Uji multikolinearitas dilakukan dengan menghitung nilai VIF berdasarkan Persamaan (1). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Multikolinearitas

Variabel	VIF
X ₁	1,242
X ₂	1,152
X ₃	1,098

Berdasarkan Tabel 2, nilai VIF < 10. Sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas antara variabel prediktor. Berdasarkan hal tersebut, ketiga variabel prediktor dapat digunakan dalam pemodelan ZIP dan GWZIPR.

3.2 Uji Overdispersi

Berdasarkan Persamaan (2) diperoleh nilai *pearson chi-square* (χ^2) sebesar 120,134 dengan *db* = 29. Sehingga diperoleh nilai dispersi sebesar 4,143. Nilai dispersi menghasilkan nilai lebih dari 1, maka dapat disimpulkan telah terjadi overdispersi pada data.

3.3 Estimasi Parameter Zero Inflated Poisson Regression

Pemodelan jumlah kematian bayi akibat penyakit TN menggunakan metode ZIPR diperoleh sebagai berikut:

$$\ln(\hat{\mu}_i) = -1,199 - 0,937X_1 + 3,822X_2 - 0,093X_3 \tag{14}$$

$$\text{logit}(\pi_i) = -10,204 - 4,484X_1 + 17,235X_2 - 2,845X_3 \tag{15}$$

Variabel yang signifikan pada model ln adalah X₂ yang menjelaskan bahwa setiap peningkatan persentase ibu melakukan persalinan di faskes akan meningkatkan rata-rata jumlah kematian akibat penyakit TN sebesar exp (3,822) atau 45,70 kali dengan syarat semua variabel lain konstan. Sedangkan variabel yang signifikan pada model logit adalah X₂ dan X₃ yang menjelaskan bahwa risiko tidak terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN di setiap provinsi ($y_i = 0$) dipengaruhi oleh persentase ibu melakukan persalinan di faskes dan persentase puskesmas melaksanakan P4K. Risiko terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN meningkat sebesar $\frac{e^{17,235}}{1+e^{17,235}}$ atau 0,99 kali setiap perubahan 1% ibu melakukan persalinan di faskes dengan syarat semua variabel lain konstan. Kemudian untuk setiap perubahan 1% puskesmas melaksanakan P4K maka peluang tidak terjadi kematian akibat penyakit TN sebesar $\frac{e^{-2,845}}{1+e^{-2,845}}$ atau 0,055 kali dengan syarat semua variabel lain konstan. Selanjutnya dilakukan pengujian parameter pada model ZIPR secara simultan menggunakan Persamaan (2). Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter Model ZIPR Secara Simultan

Statistik Uji G	$\chi^2_{(0,05;8)}$
94,26	15,507

Berdasarkan Tabel 3. nilai statistik uji $G > \chi^2_{(0,05;8)}$. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model ZIPR jumlah kematian bayi akibat penyakit TN di Indonesia layak digunakan.

3.4 Uji Heterogenitas Spasial

Hasil pengujian *Koenker-Bassett* menggunakan Persamaan (4) menunjukkan p -value sebesar 0,022. Nilai p -value $< \alpha$ (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa terdapat heterogenitas atau perbedaan variansi antara provinsi dalam penelitian ini. Oleh karena itu, metode GWZIPR dapat dilakukan sebagai analisis.

3.5 Matriks Pembobot Adaptive Bisquare Kernel

Jarak antar lokasi pengamatan dihitung menggunakan jarak *euclidean* berdasarkan Persamaan (5). Sebagai contoh dilakukan perhitungan jarak *euclidean* untuk lokasi pertama (u_1, v_1) yaitu provinsi Aceh dengan provinsi lainnya, yaitu:

$$d_{i,j} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 - (v_i - v_j)^2}$$

$$d_{1,1} = \sqrt{(4,695 - 4,695)^2 - (96,749 - 96,749)^2} = 0$$

$$d_{1,2} = \sqrt{(4,695 - 2,115)^2 - (96,749 - 99,545)^2} = 3,80$$

$$\vdots$$

$$d_{1,34} = \sqrt{(4,695 - (-4,270))^2 - (96,749 - 138,080)^2} = 42,29$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk semua lokasi pengamatan hingga jarak antara lokasi ke-34 dengan lokasi lainnya. Setelah diperoleh jarak *euclidean* untuk semua lokasi, selanjutnya adalah menentukan *bandwidth* optimum di setiap lokasi pengamatan menggunakan kriteria *Cross Validation* (CV) berdasarkan Persamaan (6). Berdasarkan metode *Cross Validation* (CV), didapatkan *bandwidth* optimum.

$$h_1; h_2; \dots; h_n = [42,278; 39,047; \dots; 42,284] \tag{16}$$

Kemudian diperoleh matriks pembobot setiap lokasi pengamatan menggunakan fungsi pembobot *adaptive bisquare kernel* berdasarkan Persamaan (7). Hasil dari perhitungan matriks pembobot *adaptive bisquare kernel* adalah sebagai berikut:

$$W(u_i, v_i) = \text{diag}[1,000; 0,984, 0,949 \dots, 1,000] \tag{17}$$

3.6 Pengujian Parameter Model GWZIPR

Statistik uji pengujian parameter secara simultan diberikan oleh Persamaan (8). Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Parameter Model GWZIPR Secara Simultan

Statistik Uji G	$\chi^2_{(0,05;29)}$
327,79	49,588

Berdasarkan hasil pengujian simultan parameter model GWZIPR, diperoleh nilai devians (G) sebesar 327,79 dengan $df = 29$ dan nilai $\chi^2_{(0,05;29)} = 49,588$. Pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$ diperoleh nilai $G > \chi^2_{(0,05;29)}$, maka dapat disimpulkan bahwa model GWZIPR layak digunakan pada pemodelan jumlah kematian bayi akibat penyakit TN tahun 2020.

Selanjutnya dilakukan pengujian parameter model secara parsial menggunakan Persamaan (9). Statistik uji yang digunakan yaitu W dengan kriteria penolakan H_0 jika statistik uji $W > Z_{0,05}$ atau variabel prediktor berpengaruh terhadap jumlah kematian bayi akibat Tetanus Neonatorum. Sebagai contoh pengujian parsial GWZIPR yaitu pada lokasi penelitian ke-1 yaitu Provinsi Aceh.

Tabel 5. Pengujian Parameter GWZIPR Secara Parsial pada Provinsi Aceh

Model	Parameter	Estimasi	W
Model ln	β_0	-1,874	-1,583
	β_1	-0,972	-2,004*
	β_2	4,189	1,340
	β_3	0,308	0,561
Model logit	γ_0	39,910	0,568
	γ_1	-8,506	-0,506
	γ_2	-54,443	-0,271
	γ_3	38,650	2,163*

*) taraf signifikan $Z_{(0,05)} = 1,645$

Berdasarkan Tabel 5, pada model ln jumlah kematian bayi akibat penyakit TN pada Provinsi Aceh dipengaruhi X_1 (persentase ibu hamil yang melakukan imunisasi Td2+). Hal ini menjelaskan bahwa jumlah kematian bayi di provinsi Aceh akan berkurang sebanyak $e^{-0,972} = 0,378$, jika cakupan ibu hamil yang melakukan imunisasi Td2+ di Provinsi bertambah 1%. Sedangkan pada model logit, risiko tidak terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN di provinsi Aceh dipengaruhi oleh X_3 (persentase puskesmas melaksanakan P4K). Hal ini yang menjelaskan bahwa risiko tidak terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN sebesar $\frac{e^{38,650}}{1+e^{38,650}} = 0,99$ kali jika cakupan puskesmas melaksanakan P4K di Provinsi Aceh bertambah 1%.

Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi akibat penyakit TN di 34 provinsi memiliki karakteristik masing-masing dalam berbagai aspek dari perbedaan geografis, ekonomi, sosial dan budaya. Variabel yang signifikan pada setiap lokasi pengamatan berbeda-beda namun banyak variabel signifikan yang sama. Kesamaan variabel ini dapat dijadikan satu kelompok. Tabel 4. menunjukkan pengelompokan berdasarkan kesamaan signifikansi.

Tabel 6. Kelompok Variabel yang Signifikan Secara Parsial

Kelompok	Variabel Signifikan	Jumlah Provinsi
1	Model ln = tidak ada Model logit = X_3	17
2	Model ln = X_1 Model logit = X_3	8
3	Model ln = X_2 Model logit = X_3	2
4	Model ln = X_1 dan X_2 Model logit = X_3	7

Berdasarkan Tabel 6, terbentuk empat kelompok provinsi. Kelompok pertama terdiri dari 17 provinsi dengan tidak ada variabel mempunyai pengaruh signifikan pada model ln, sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K. Kelompok kedua terdiri dari 8 provinsi, model ln variabel yang mempunyai pengaruh signifikan yaitu persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+ sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K. Kelompok ketiga terdiri dari 2 provinsi, model ln variabel yang mempunyai pengaruh signifikan yaitu persentase ibu hamil melakukan persalinan di faskes sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K. Kelompok keempat terdiri dari 7 provinsi, model ln variabel yang mempunyai pengaruh signifikan yaitu persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+ dan persentase ibu hamil melakukan persalinan di faskes sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini adalah setiap provinsi yang memiliki model yang berbeda berdasarkan variabel yang signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi akibat penyakit TN dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan variabel signifikan pada model ln dan logit. Secara keseluruhan, kematian bayi akibat penyakit TN dipengaruhi oleh persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+ dan persentase puskesmas melaksanakan P4K. Kelompok satu memiliki jumlah provinsi paling banyak yaitu 17 provinsi. Pada kelompok satu tidak ada variabel mempunyai pengaruh signifikan pada model ln, sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Dosen Program Studi Universitas Tanjungpura serta Dosen pembimbing terkait yang telah memfasilitasi dan membimbing dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Agresti, *An Introduction to Categorical Data Analysis*, Second Edition ed., Ney Jersey: Wiley, 2002.
- [2] A. R. Tizona, R. Goejantoro and Wasono, "Pemodelan Geographically Weighted Regression (Gwr) dengan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Bisquare Untuk Angka Kesakitan Demam Berdarah di Kalimantan Timur Tahun 2015," *Jurnal EKSPONENSIAL*, vol. 8, no. 1, pp. 87-94, 2017.
- [3] Alexander and T. A. Putri, "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ibu Hamil Dalam Melakukan Imunisasi Tetanus Toxoid Di Puskesmas Siantan Hilir Kota Pontianak Tahun 2019," *Jurnal Kebidanan*, vol. 9, no. 1, pp. 323-340, 2019.
- [4] D. N. Gujarati, *BASIC Econometrics*, 4th Edition ed., New York: The McGraw-Hill Companies, 2004.
- [5] Kemenkes RI, *Profil Kesehatan Indonesia 2020*, Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2021.
- [6] L. Amaliana, ., A. A. R. Fernandes and Solimun, "Comparison of Two Weighting Functions in Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression on Filariasis Data," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1097, pp. 1-8, 2018.
- [7] Purhadi, Y. S. Dewi and L. Amaliana, "Zero Inflated Poisson and Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression Model: Application to Elephantiasis (Filariasis) Counts Data," *Journal of Mathematics and Statistics*, vol. 11, no. 2, pp. 52-60, 2015.
- [8] R. K. P. Nusantara and Purhadi, "Pemodelan jumlah kasus Penyakit Tetanus neonatorum di Jawa Timur tahun 2012 dengan Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression (GWZIPR)," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 2337-3520, 2015.
- [9] R. K. Praditia, D. Agustina and D. S. Rini, "Analisis Jumlah Kasus Malaria di Wilayah Sumatera Menggunakan Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression," *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, vol. 4, no. 4, pp. 638-648, 2020.
- [10] W. Kusuma, D. Komalasari and M. Hadijati, "Model Regresi Zero Inflated Poisson Pada Data Overdispersion," *Jurnal Matematika*, vol. 3, no. 2, pp. 71-85, 2013.

PERAMALAN JUMLAH KEDATANGAN JALUR UDARA DI BANDARA DEPATI AMIR MENGGUNAKAN MODEL ARIMA (FORECASTING THE NUMBER OF ARRIVALS BY AIR AT DEPATI AMIR AIRPORT USES THE ARIMA MODEL)

Mei Nalda Adelia Simanjuntak^{1,a}, Reza Tipani², Zeby Melani Afriyanti³, Indriyanto⁴, Nurul Hidayati⁵

¹Institut Teknologi Sumatera [Email: mei.120410053@student.itera.ac.id]

²Universitas Bangka Belitung [Email: rezatifani18@gmail.com]

³Universitas Bangka Belitung [Email: zebymelani59@gmail.com]

⁴Universitas Bangka Belitung [Email: indriyanto538@gmail.com]

⁵Universitas Bangka Belitung [Email : nrlhidayati2002@gmail.com]

^a mei.120410053@student.itera.ac.id

ABSTRAK

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terbagi menjadi dua pulau utama, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Sebagai salah satu provinsi kepulauan di Indonesia, Bangka Belitung menyadari bahwa transportasi menjadi akses penting untuk menunjang perekonomian. Transportasi udara merupakan salah satu sarana transportasi vital untuk mengunjungi atau berpergian dari Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, selain transportasi darat dan laut. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah kedatangan penumpang di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model ARIMA. Sumber data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Pusa Statistik. Berdasarkan hasil dan pembahasan didapatkan model yang terbaik pada prediksi jumlah kedatangan penumpang di Bandara Udara Depati Amir yaitu model ARIMA (2,3,3) dimana nilai akurasi terbaik menggunakan MAE sebesar 46,197, MAPE sebesar 46,197 dan RMSE sebesar 13905,436 serta hasil prediksi menunjukkan kedatangan.

Kata kunci: Time Series, ARIMA, Tingkat Akurasi

ABSTRACT

The Bangka Belitung Archipelago Province is divided into two main islands, namely Bangka Island and Belitung Island. As one of the archipelagic provinces in Indonesia, Bangka Belitung realizes that transportation is an important access to support the economy. Air transportation is a vital means of transportation for visiting or traveling from the Bangka Belitung Islands Province, in addition to land and sea transportation. This study aims to predict the number of arrivals of passengers at Depati Amir Airport, Bangka Belitung Islands Province. This research was conducted using the ARIMA model. The source of data in this study is secondary data obtained from the Central Bureau of Statistics. Based on the results and discussion of the research, the best model for predicting the number of passenger arrivals at Depati Amir Airport is the ARIMA model (2,3,3) where the best accuracy is using the MAE of 46,197, MAPE of 46,197 and RMSE of 13905,436 and the predicted arrival results.

Keywords: Time Series, ARIMA, Level of accuracy

1. PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terbagi menjadi dua pulau utama, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Sebagai salah satu provinsi kepulauan di Indonesia, Bangka Belitung menyadari bahwa transportasi menjadi akses penting untuk menunjang perekonomian. Transportasi memegang peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi. Hal ini dikarenakan transportasi berhubungan dengan kegiatan-kegiatan produksi, konsumsi, dan distribusi. Secara umum, transportasi dibagi menjadi tiga yaitu transportasi darat, transportasi laut dan transportasi udara.

Transportasi udara merupakan salah satu sarana transportasi vital untuk mengunjungi atau berpergian dari Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, selain transportasi darat dan laut. Dengan adanya transportasi udara mengakibatkan faktor jarak dan geografis daratan bukan lagi menjadi batasan pergerakan manusia dan barang untuk pencapaian yang cepat. Transportasi udara menjadi pilihan utama bagi orang yang sering melakukan perjalanan jarak jauh karena transportasi udara dapat memberikan waktu yang lebih pendek untuk sampai pada tujuan dengan kecepatan yang lebih baik dibandingkan transportasi lainnya. Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung sendiri terdapat dua pelabuhan udara, yaitu Bandar Udara Depati Amir di Pulau Bangka dan HAS Hanandjoeddin di Pulau Belitung.

Bandar Udara Depati Amir merupakan bandar udara domestik yang terletak di Kota Pangkal Pinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Berdasarkan Data Badan Pusat Statistika Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, diketahui bahwa jumlah kedatangan penumpang di Bandar Udara Depati Amir bersifat fluktuatif. Oleh karena itu diperlukan sebuah metode yang dapat digunakan untuk memprediksi jumlah kedatangan penumpang di Bandara Depati Amir kedepannya.

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi jumlah kedatangan penumpang di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan informasi kepada PT Angkasa Pura II dan Kementerian Perhubungan terkait jumlah kedatangan penumpang di Bandar Udara Depati Amir. Adanya prediksi jumlah kedatangan penumpang ini dapat membantu Kementerian Perhubungan dalam menentukan kebijakan terkait pengembangan infrastruktur Bandar Udara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung seperti pengaturan keselamatan, kelancaran, keamanan penerbangan Bandar Udara, pengaturan fasilitas dan pelestarian lingkungan Bandar Udara.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini menggunakan data kuantitatif. Data kuantitatif pada dasarnya menghasilkan hasil analisis dengan numerik (angka) yang akan diolah dengan metode statistika. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berupa data *time series*. Dalam metode ini, peneliti tidak langsung mengambil data sendiri melainkan peneliti memanfaatkan data yang telah dihasilkan oleh pihak-pihak lain yaitu Badan Pusat Statistik Kepulauan Bangka Belitung (BPS Babel). Dimana data yang dibutuhkan adalah data Jumlah Kedatangan di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dari bulan Januari 2018 hingga Maret 2023. Selanjutnya data yang telah dikumpulkan akan dilakukan pengolahan menggunakan salah satu *software* matematis. Adapun metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deret waktu (*Time Series Analysis*) dengan menggunakan metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Prinsip analisis *time series* adalah data yang didapat dari data historis sebelumnya kemudian disusun dan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode peramalan dalam memprediksi jumlah kedatangan penumpang di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

2.2. Model *Time Series* (Deret Waktu)

Analisis deret waktu dikenalkan oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins pada tahun 1970 melalui bukunya *Time Series Analysis : forecasting and control*. *Time series* adalah suatu deret data yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu dengan interval yang sama [1]. Analisis deret waktu termasuk prosedur statistika yang digunakan untuk meramalkan keadaan yang akan terjadi di masa mendatang dalam pengambilan keputusan [2]. Analisis *time series* yaitu analisis terhadap pengamatan, pencatatan dan penyusunan peristiwa yang di ambil berdasarkan jangka waktu tertentu [3].

Tipe data *time series* di bagi menjadi beberapa jenis, yaitu [4]:

- Pola siklus adalah perubahan naik atau turun, pola ini berubah dan bervariasi dari satu siklus ke siklus berikutnya.
- Pola *random* adalah pola acak yang sulit digambarkan, pola acak ini disebabkan oleh peristiwa yang tak terduga.
- Pola *trend* mempunyai kecenderungan tertentu dalam pola data, baik yang arahnya meningkat ataupun menurun dari waktu ke waktu. Teknik yang digunakan biasanya Teknik yang menggunakan data masa lalu untuk mendapatkan pola kecenderungan. Pola musiman menunjukkan suatu gerakan yang berulang dari satu periode ke periode berikutnya secara teratur. Pola ini dapat ditunjukkan oleh data yang dikelompokkan secara mingguan, bulanan.

2.3. Model *Autoregressive Integrated Moving Averagen* (ARIMA)

Model AR (*Autoregressive*) dan MA (*Moving Average*) adalah model dengan menggunakan asumsi data *time series* (runtun waktu) yang dianalisis sudah bersifat stasioner, dimana nilai *mean* dan *varians* data *time series* bersifat konstan dan kovariansnya tidak terpengaruh oleh waktu. *Integrated* disini adalah menyatakan *difference* dari data. Bentuk umum dari model *integrated* dengan ordo $d(1(d))$ atau

model ARIMA (0,d,0). Hal ini menandakan bahwa dalam membuat model ARIMA syarat keharusan yang harus dipenuhi adalah stasioneritas data. Apabila data stasioner pada level maka ordonya sama dengan 0, namun apabila stasioner pada *different* pertama maka ordonya 1, dan seterusnya. Bentuk umum model ARIMA dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$(1 - B)(1 - \theta_1 B)X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B)et \quad (1)$$

Dalam model ARIMA untuk memilih model yang terbaik dari beberapa model yang baik, perkenalkan *Akaike Information Criterion* (AIC) yang dikembangkan oleh Prof. Harotugu Akaike, *Bayesian Information Criteria* (BIC) yang dikembangkan oleh Schwarz dan juga *Sum of Squared Residual* (SSR). Oleh karena dikembangkan oleh Schwarz, maka model BIC juga disebut dengan model *Schwarz Criterion* (SIC). Semakin kecil nilai AIC, BIC atau SIC dan SSR maka semakin baik model yang dibuat. Nilai kriteria akaike merupakan nilai kecocokan suatu model dengan ketentuan nilainya yang semakin kecil berarti semakin benar atau baik model yang dibuat.

2.4. Tingkat Akurasi

Suatu peramalan selalu mengandung derajat ketidakpastian. Hal ini dapat diketahui dengan memasukkan unsur kesalahan (*error*) dalam perumusan sebuah peramalan deret waktu. Besarnya penyimpangan hasil peramalan bisa disebabkan oleh besarnya faktor yang tidak diduga (*outliers*) dimana tidak ada metode peramalan yang mampu menghasilkan peramalan yang akurat, atau bisa juga disebabkan metode peramalan yang digunakan tidak dapat memprediksi dengan tepat komponen *trend*, komponen musiman, atau komponen siklus yang mungkin terdapat dalam deret data, yang berarti metode yang digunakan tidak tepat (Bowerman dan O'Connell, 1987, p.12).

Jika X_i merupakan data aktual untuk periode i dan F_i merupakan ramalan (atau nilai kecocokan /*fitted value*) untuk periode yang sama, kesalahan didefinisikan sebagai:

$$e_i = X_i - F_i \quad (2)$$

Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk n periode waktu, akan terdapat n buah galat dan ukuran statistik standar berikut (Makridakis et all, 1999) yang dapat didefinisikan:

a) *Mean Absolute Error* (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (3)$$

Ada pula ukuran-ukuran ketepatan lain yang sering digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data deret waktu, yaitu nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*).

b) *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (4)$$

c) *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE adalah metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Metode estimasi yang mempunyai *Root Mean Square Error* (RMSE) lebih kecil dikatakan lebih akurat daripada metode estimasi yang mempunyai *Root Mean Square Error* (RMSE) lebih besar.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (5)$$

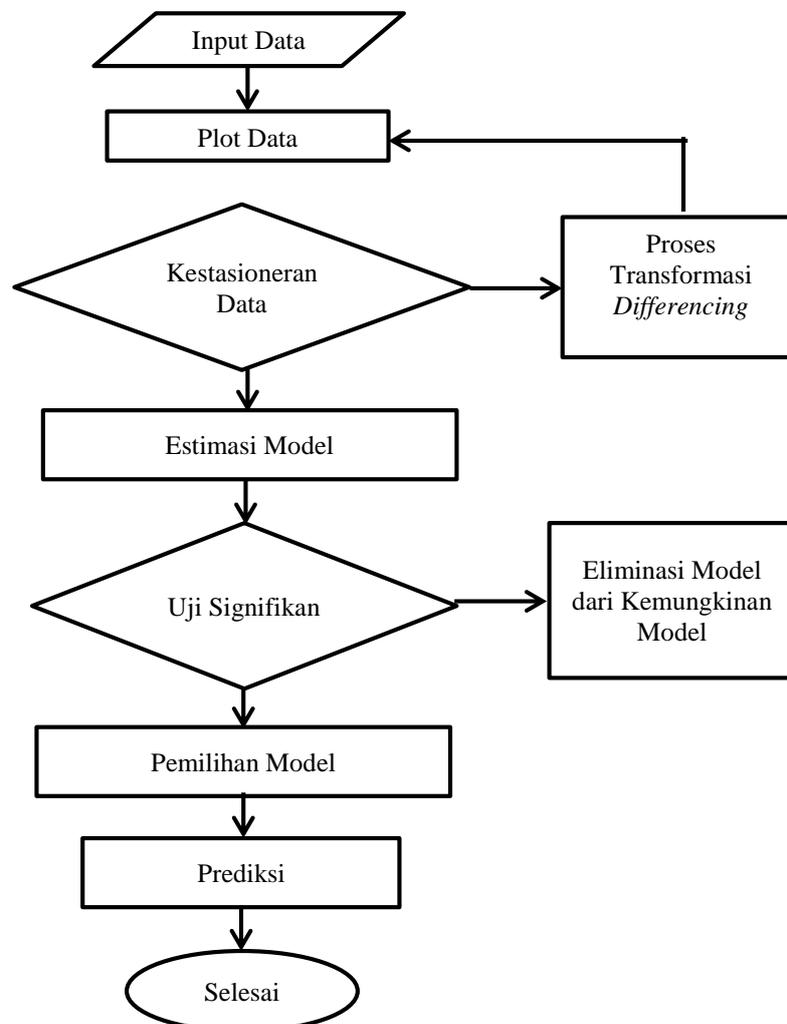
dengan :

A_t = Nilai data Aktual

F_t = Nilai hasil peramalan

n = banyaknya data

Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini, dapat dilihat berdasarkan Gambar 1,



Gambar 1 Diagram Alir Prediksi Menggunakan Model ARIMA

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Stastistika Deskriptif

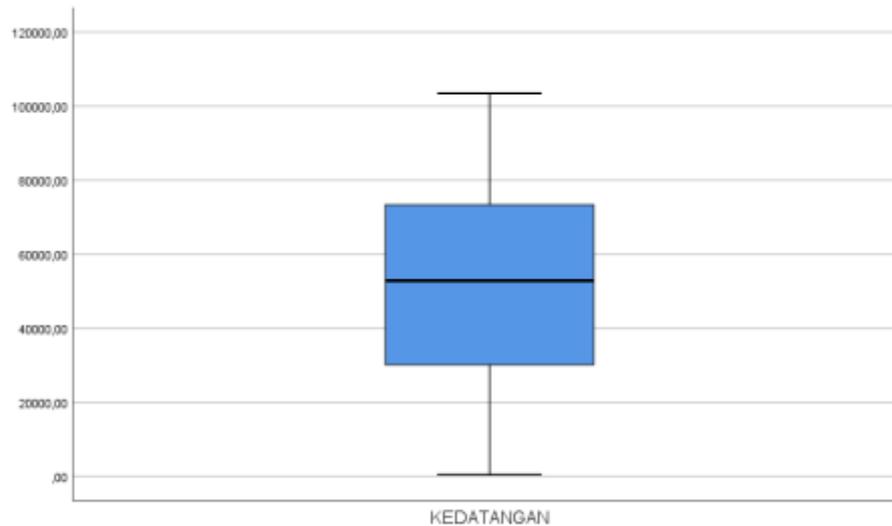
Sebelum melakukan analisis data lebih lanjut, data yang digunakan harus dipastikan bisa dianalisis dengan model yang ditentukan melalui statistika deskriptif. Pada bagian ini ditunjukkan nilai dari rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, varians, skewness dan kurtosis dari data kedatangan penumpang di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Statistika Deskriptif Kedatangan Penumpang di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Rata-rata	Nilai Maksimum	Varians	Skewness	Kurtosis	Nilai Minimum
51232,1111	103446	654263288,487	-,136	-,915	387

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa jumlah kedatangan penumpang paling sedikit yaitu sebesar 387 orang penumpang sedangkan penumpang tertinggi yaitu sebesar 103446 orang hal ini menyebabkan

jumlah kedatangan di Bandara Depati Amir mengalami pergerakan secara fluktuatif. Selain itu untuk ukuran simetri (*skewness*) dari jumlah kedatangan sebesar $-1,136$ dan ukuran data relatif (kurtosis) sebesar $-0,915$ dapat diasumsikan berdistribusi normal. Kemudian dilihat *boxplot* dari data yang digunakan pada Gambar 2 sebagai berikut



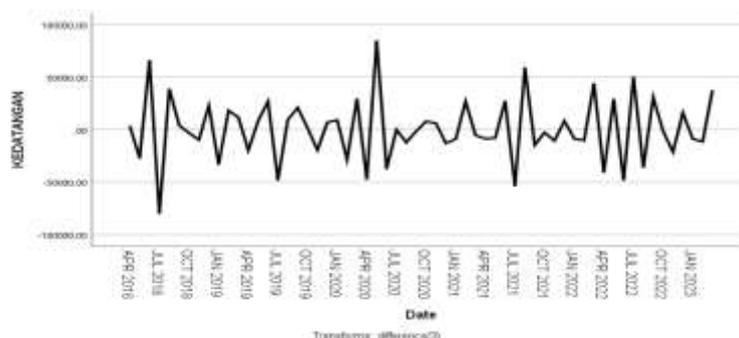
Gambar 2 *Boxplot* Data Kedatangan di Bandara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Berdasarkan Gambar 2 data Kedatangan di Bandara Depati Amir dari bulan Januari 2018 sampai dengan Februari 2023 diketahui tidak terdapat pencilan. Hal ini diartikan data dalam keadaan konstan atau tidak terjadi simpangan. Namun untuk memastikan data kedatangan di Bandara Depati Amir berdistribusi normal dapat menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov. Pada Uji Kolmogorov-Smirnov data dapat dikatakan nilai residualnya berdistribusi normal apabila nilai signifikansi $> 0,05$. Berdasarkan Uji Kolmogorov-Smirnov hasil uji normalitas diperoleh nilai signifikansi $0,200 > 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa nilai residual berdistribusi normal.

3.2 Uji Stasioner Data

Kestasioner data dapat dilihat dari *output* grafik yang mengalami penurunan atau pertumbuhan pada data secara teratur dan konstan. Dengan kata lain, fluktuasi data berada disekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, serta tidak tergantung dari pada waktu dan varians dari fruktasi tersebut, dalam artian tetap konstan setiap waktu. Jika kestasioneran data tersebut tidak konstan atau tidak stasioner, maka hasil *output* akan mengalami penurunan atau pertumbuhan cenderung tidak beraturan, nilai variansi dan mean tidak selaras dengan naik/turunnya hasil *output* data, sehingga data tersebut harus diubah menjadi data stasioner dengan melakukan *differencing*.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa data kedatangan di Bandara Depati Amir diasumsikan sudah stasioner dengan dilakukannya *differencing* sebanyak tiga kali sesuai dengan kondisi yang ada

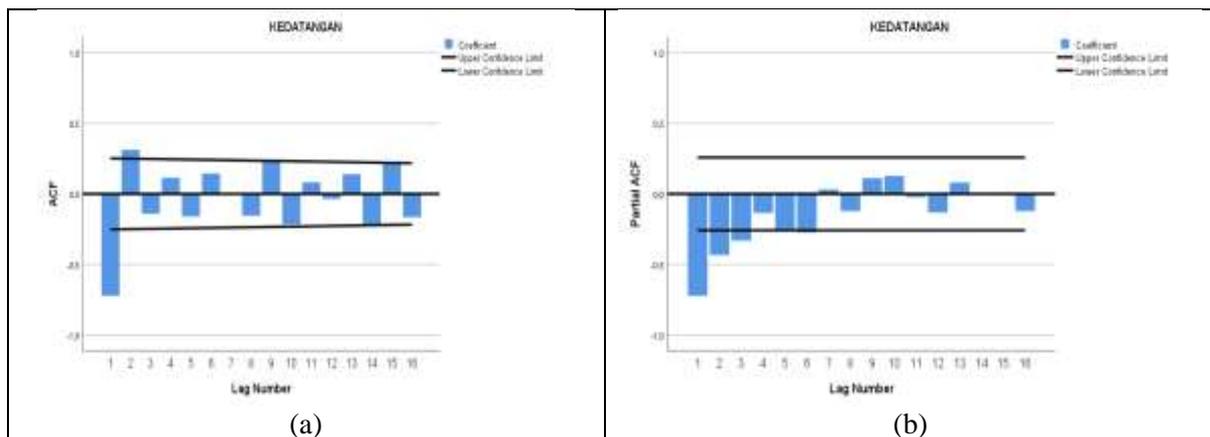


Gambar 3 Plot kedatangan di Bandara Depati Amir yang sudah dilakukannya *differencing* sebanyak tiga kali

Berdasarkan Gambar 3 diatas jumlah Kedatangan di Bandara Depati Amir mengalami stabil pada kisaran variansi sebesar 654263288,487 setelah di differencing tiga kali.

3.3 Identifikasi Model

Identifikasi model ARIMA memerlukan perhitungan dan penggambaran dari hasil fungsi autokorelasi (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial (PACF) yang stasioner dan dapat dilakukan dengan cara memperhatikan perilaku-perilaku fungsi ACF dan fungsi PACF. Perilaku ACF menunjukkan bahwa setelah lag 1 secara drastis menurun menjauhi nol (mendekati garis *Upper*) sedangkan pada PACF mendekati nol setelah lag ketiga. Plot ACF dan PACF pada penelitian ini disajikan pada Gambar 4 (a) dan (b). Dapat dilihat bahwa pada Gambar 4 (a) terjadi *cut off* pada lag ke-2 dalam plot ACF, artinya data teridentifikasi model *Moving Average* (MA) yang bernilai 2. Selanjutnya, pada Gambar 4 (b) terlihat bahwa pada plot PACF terjadi *dies down* pada lag ke-4, artinya turun eksponensial atau sinusoidal menuju 0 dengan bertambahnya k.



Gambar 4 Grafik (a) ACF dan (b) PACF

Identifikasi model awal berdasarkan identifikasi plot ACF dan PACF dengan metode *trial and error* diperoleh enam model yang nantinya akan dilakukan *overfitting* untuk menentukan model terbaik. Adapun identifikasi model sementara dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Model ARIMA yang Teridentifikasi

Model	Keterangan
ARIMA (1,3,1)	AR=1;I=3;MA=1
ARIMA (2,3,0)	AR=2;I=3;MA=0
ARIMA (2,3,1)	AR=2;I=3;MA=1
ARIMA (2,3,2)	AR=2;I=3;MA=2
ARIMA (2,3,3)	AR=2;I=3;MA=3
ARIMA (2,3,4)	AR=2;I=3;MA=4

Berdasarkan Tabel 2, model ARIMA yang teridentifikasi sesuai dengan plot ACF dan PACF adalah ARIMA (1,3,1), ARIMA (2,3,0), ARIMA (2,3,1), ARIMA (2,3,2), ARIMA (2,3,3) dan ARIMA (2,3,4). Selanjutnya akan dilihat *error* terendah dari tiap-tiap model.

3.4 Akurasi Model ARIMA

Ada tiga indikator akurasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

Tabel 3 Nilai *Error* dari Masing-masing Model ARIMA

Model	MAE	MAPE	RMSE
ARIMA (1,3,1)	11438,305	160,355	15174,681
ARIMA (2,3,0)	15058,026	261,547	18756,545
ARIMA (2,3,1)	10835,383	146,309	14903,275
ARIMA (2,3,2)	11513,446	140,696	15239,931
ARIMA (2,3,3)	9481,862	46,197	13905,436
ARIMA (2,3,4)	9530,602	46,611	13963,035

Berdasarkan nilai MAE, MAPE, dan RMSE diperoleh model terbaik yang digunakan pada penelitian ini adalah ARIMA (2,3,3) dengan nilai *error* paling kecil.

3.5 Model Terbaik

Hasil penaksiran parameter model ARIMA (2,3,3) diperoleh koefisien AR 1 = -(1,070), AR 2 = -(0,109), MA 1 = (0,988), MA 2 = (0,992), MA 3 = -(0,986) dan konstanta = 6,567 dan untuk signifikasinya lebih dari 0,05. Sehingga diperoleh persamaan untuk model ARIMA (2,3,3) dan dapat ditulis menjadi:

$$w_t = 6,567 + 0,372w_{t-1} + 0,124w_{t-2} + e_t - 1,096e_{t-1} - (-0,096)e_{t-2}$$

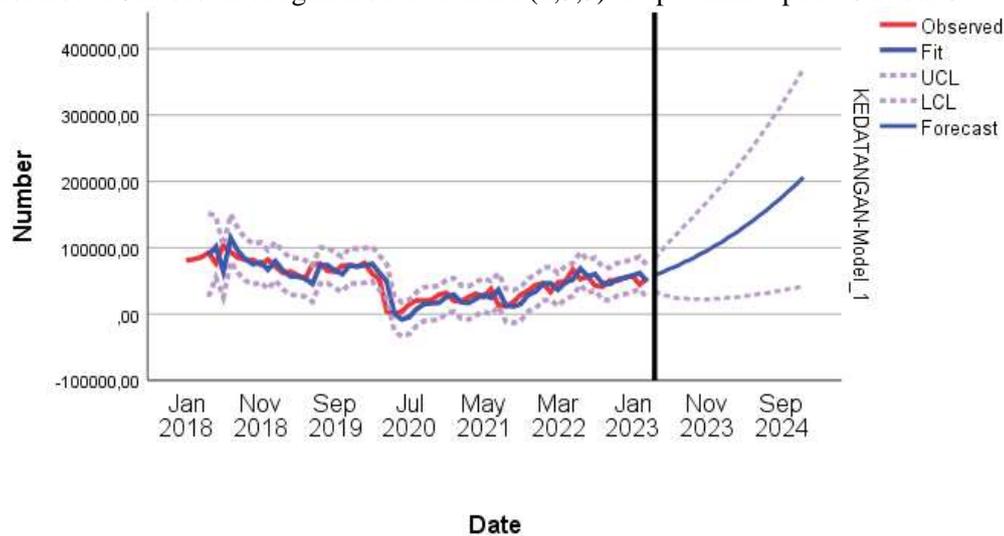
Selanjutnya Model ARIMA (2,3,3) ini digunakan untuk memprediksi Kedatangan di Bandara Depati Amir.

3.6 Uji White Noise

Berdasarkan *p-value* yang didapatkan menunjukkan bahwa residual model ARIMA (2,3,3) menunjukkan suatu pola tertentu atau *white noise*, dimana *p-value* = 0,495 > 0,05. Sehingga dapat dikatakan bahwa model tersebut telah stasioner namun belum memenuhi asumsi residual *white noise*

3.7 Hasil Prediksi Data Kedatangan di Bandara Depati Amir Menggunakan ARIMA (2,3,3)

Dalam penelitian ini prediksi data kedatangan di Bandara Depati Amir dilakukan dari bulan April 2023 hingga Desember 2024 sesuai dengan model ARIMA (2,3,3). Dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Prediksi data kedatangan di Bandara Depati Amir menggunakan ARIMA (2,3,3)

Bahwa berdasarkan Gambar 5 *output plot* mengalami *p* hingga bulan ke 12 (Mei 2023). *Output plot* tersebut berada di antara *Upper Control Limit* (batas atas) dan *Lower Control Limit* (batas bawah). Hal ini mengatakan bahwa Pulau Bangka mengalami peningkatan pengunjung.

Tabel 4 Prediksi Data Kedatangan di Bandara Depati Amir Periode April 2023 hingga Desember 2024

Tanggal	Prediksi Data Kedatangan di Bandara Depati Amir
01-Apr-23	59249,58
01-Mei-23	62469,73
01-Jun-23	68387,52
01-Jul-23	72168,19
01-Agu-23	78551,33
01-Sep-23	83006,52
01-Okt-23	89879,33
01-Nov-23	95027,82
01-Des-23	102424,81
01-Jan-24	108284,87
01-Feb-24	116239,95
01-Mar-24	122830,53
01-Apr-24	131376,98
01-Mei-24	138717,66
01-Jun-24	147888,14
01-Jul-24	155999,06
01-Agu-24	165825,69
01-Sep-24	174727,54
01-Okt-24	185241,92
01-Nov-24	194955,85
01-Des-24	206189,14

Berdasarkan tabel di atas nilai maksimum pada bulan Desember 2024 dan grafik hasil berbentuk *trend*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pola data jumlah kedatangan penumpang jalur udara di Bandara Depati Amir memiliki pola pergerakan fluktuatif dengan jumlah kedatangan penumpang tertinggi yaitu sebesar 103446 dan jumlah kedatangan penumpang paling sedikit yaitu sebesar 387 orang penumpang.
2. Berdasarkan hasil *forecasting* dengan menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), model ARIMA terbaik adalah ARIMA (2,3,3). Model ini memiliki nilai akurasi dan *error* lebih baik dari pada model ARIMA lainnya dengan nilai MAE sebesar 46,197, nilai MAPE sebesar 46,197 dan nilai RMSE sebesar 13905,436.
3. Parameter yang digunakan untuk menentukan model ini dilakukan dengan perbandingan nilai MAE, MAPE, dan RMSE

4.2 Saran

Adapun saran terkait penelitian ini sebaai berikut:

1. Data historical yang digunakan disarankan lebih banyak daripada penelitian saat ini. Karena semakin banyak data historical yang digunakan, maka semakin besar nilai akurasi yang didapatkan.
2. Dapat menentukan metode peramalan lainnya selain menggunakan metode ARIMA, hal ini diharapkan dengan metode yang lain bisa menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih Kepada dosen pengampu mata kuliah peramlan yang telah menjembatinani penulisan dan penerbitan penelitian ini, serta tidak lupa juga terimakasih kepada program Permatasari di Program Studi Matematika Universitas Bangka Belitung atas dukungannya dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Smith, T. Jones, and B. Simpson, Eds., "IEEE Biometrics Compendium Issue 30 December 2017," in *IEEE Biometrics Compendium*, Dec. 2017. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/virtual-journals/biocomp/issue/30/>
- [2] Behera G S et.al *Geology-aided geostatistical modelling of a ferruginous bauxite deposit in Eastern India* Journal of the Geological Society of India vol 94(1) pp 62-68
- [3] A. Taflove, *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method* in *Computational Electrodynamics II*, vol. 3, 2nd ed. Norwood, MA, USA: Artech House, 1996.
- [4] Amador-Perez and R. A. Rodriguez-Solis, "Analysis of a CPW-fed annular slot ring antenna using DOE," in *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, Jul. 2006, pp. 4301–4304.
- [5] G. Veruggio, "The EURON roboethics roadmap," in *Proc. Humanoids '06: 6th IEEE-RAS Int. Conf. Humanoid Robots*, 2006, pp. 612–617, doi: 10.1109/ICHR.2006.321337.

PENERAPAN MODEL LOG LINIER TERHADAP PERSEPSI MAHASISWA PADA SINETRON RELIGIUS (APPLICATION OF THE LINEAR LOG METHOD TO STUDENT PERCEPTION ON RELIGIOUS SINETRON)

Azwar Habibi^{1a}

¹Institut Agama Islam Negeri Madura [Email: azwarhabibi85@gmail.com]

^aCorresponding Author

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui variabel pada sel mana yang menyebabkan kontingensi tersebut dependen dalam kasus persepsi mahasiswa dalam sinetron religius. Data yang diambil dari penelitian ini yaitu hasil survey mahasiswa IAIN Madura dengan variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama. Metode analisis data yang digunakan adalah Model Log Linier. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut berdasarkan nilai taksiran parameter yang disajikan pada tabel di atas, dapat diketahui bahwa Mahasiswa IAIN Madura yang berjenis kelamin pria dan wanita yakin bahwa sinetron religius dapat memperdalam ilmu agama, dan juga mahasiswa yang berjenis kelamin pria dan wanita yakin bahwa sinetron religius tidak dapat memperdalam ilmu agama. Berdasar nilai Chi Square yang disajikan pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa variabel opini, memperdalam ilmu agama dan pernah mengalami kejadian tidak terdapat hubungan atau tiap variabelnya *independent*, sehingga tidak dapat dilanjutkan ke uji logistic linier.

Kata kunci: Model Log Linier, pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out which variables in the cell cause the contingency to be dependent in the case of student perceptions in religious soap operas. The data taken from this study are the results of a survey of IAIN Madura students with the variables having experienced events, gender and deepening religious knowledge. The data analysis method used is Linear Log Model. The conclusions in this study are as follows based on the estimated parameter values presented in the table above, it can be seen that male and female IAIN MADURA students believe that religious soap operas can deepen religious knowledge, and also male and female students believe that religious soap operas cannot deepen religious knowledge. Based on the Chi Square values presented in the table above, it can be seen that the opinion variable, deepening religious knowledge and having experienced an incident have no relationship or each variable is independent, so it cannot be continued to a linear logistic test.

Keywords: Log Linear Model, have experienced events, gender and deepen the knowledge of religion

1. PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini perkembangan dunia informasi sangatlah cepat, berbagai macam informasi dapat mudah didapatkan. Televisi khususnya sebagai salah-satu media yang paling besar perannya dalam memberikan informasi kepada masyarakat[1]. Dengan banyaknya stasiun televisi maka dengan sendirinya banyak program acara televisi yang diberikan kepada masyarakat, ada berita, infotainment, film, dan masih banyak lagi. Ada pula fenomena yang saat ini terjadi di televisi yaitu banyaknya bermunculan sinetron bertema religius.

Dengan banyaknya sinetron religius atau sinetron yang mengandung nilai-nilai agamis tentunya terdapat banyak pandangan atau pendapat dari masyarakat ada yang suka, ada yang jenuh, ada pula yang acuh. Persepsi terhadap banyaknya sinetron religius saat ini yang muncul membuat kami sebagai peneliti ingin mengetahui bagaimana presepsi mahasiswa sebagai salah satu bagian masyarakat yang kritis terhadap fenomena yang terjadi saat ini. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah variabel pada sel mana yang menyebabkan kontingensi tersebut dependen dalam kasus persepsi mahasiswa dalam sinetron religius. Tujuan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengetahui variabel pada sel mana yang menyebabkan kontingensi tersebut dependen dalam kasus persepsi mahasiswa dalam sinetron religius.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tabel kontingensi

Tabel kontingensi adalah bentuk khusus dari daftar baris kolom. Untuk tabel kontingensi tiga dimensi terdiri dari (I x J x K) sel, dimana I sebagai jumlah kategori variabel X, J sebagai jumlah kategori variabel Y dan K sebagai jumlah kategori variabel Z. Analisis tabel kontingensi digunakan untuk mencari ada atau tidaknya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain. Apabila diperoleh kesimpulan bahwa terdapat hubungan diantara variabel maka digunakan analisis log linier sebagai analisis statistik lanjutan untuk memperoleh model yang sesuai dari tabel kontingensi dan untuk mengetahui sel-sel mana yang menyebabkan adanya dependensi (hubungan) antar variabel-variabel tersebut[2].

Tabel 1. Tabel kontingensi tiga dimensi

Variabel X	Variabel Y	Variabel Z			
		1	2	...	K
1	1	X_{111}	X_{112}	...	X_{11k}

2	J	X_{1j1}	X_{1j2}	...	X_{1jk}
	1	X_{211}	X_{212}	...	X_{21k}
...
	J	X_{2j1}	X_{2j2}	...	X_{2jk}
I	1	X_{i11}	X_{i12}	...	X_{i1k}

...	J	X_{ij1}	X_{ij2}	...	X_{ijk}

Keterangan : X_{ijk} = banyaknya observasi pada kategori ke-i dari variabel X, ke-j dari variabel Y dan ke-k dari variabel Z

Jika antara ketiga variabel tersebut saling independent, maka frekuensi harapan dari masing-masing adalah sebagai berikut [3]:

$$m_{ijk} = \frac{x_{i++}x_{+j+}x_{++k}}{x_{+++}^2} \text{ dimana : } x_{i++} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijk} = \text{jumlah nilai observasi pada kategori ke-i dari variabel X}$$

$$x_{+j+} = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ijk} = \text{jumlah nilai observasi pada kategori ke-j dari variabel Y}$$

$$x_{++k} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I x_{ijk} = \text{jumlah nilai observasi pada kategori ke-k dari variabel Z}$$

$$x_{+++} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijk} = \text{jumlah seluruh nilai observasi}$$

a. Nilai frekuensi harapan

$$\text{Model } \log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} \dots\dots\dots(1)$$

Pada model ini variabel 1, 2 dan 3 saling *mutually independent* atau tidak terdapat interaksi antar variabel, baik dua faktor maupun tiga faktor. Model m_{ijk} diperoleh dengan metode iterasi[4].

b. Uji independensi

Uji ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan diantara ketiga variabel. Namun, ada asumsi yang harus dipenuhi yaitu banyaknya sel yang frekuensi harapannya < 5 % maksimal 20 % dari jumlah sel keseluruhan. Adapun prosedurnya menggunakan $\alpha = 5 \%$ dan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Variabel X, Y dan Z independent

H₁ : Variabel X, Y dan Z dependent

$$\text{Statistik uji: } \chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (x_{ijk} - m_{ijk})^2}{m_{ijk}} \dots\dots\dots(2)$$

Daerah kritis: $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha, db)}$, dimana db (derajat bebas) diperoleh dari : IJK-(1+(I-1)+(J-1)+(K-1)) = 4

Kesimpulan: Karena $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha, db)}$, maka tolak H₀ yang berarti bahwa ada hubungan diantara ketiga variabel yang digunakan (dependent)[5].

2.2 Pengujian residual

Residual diperoleh dengan rumus : $e_{ijk} = x_{ijk} - m_{ijk}$. Sedangkan adjusted residual : $d_{ijk} = \frac{e_{ijk}}{\sqrt{v_{ijk}}}$

dimana v_{ijk} adalah taksiran varians dari e_{ijk} yang nilainya dapat dihitung sebagai :

$$v_{ijk} = \left(1 - \frac{x_{i++}}{x_{+++}}\right) \left(1 - \frac{x_{+j+}}{x_{+++}}\right) \left(1 - \frac{x_{++k}}{x_{+++}}\right). \text{ Jika model cukup baik, maka nilai dari adjusted residual akan}$$

mendekati distribusi normal baku yakni distribusi normal dengan $\mu = 0$ dan $\sigma^2 = 1$. Apabila ditentukan $\alpha = 5\%$ maka 95% dari nilai-nilai adjusted residual yang masih diijinkan adalah antara -1.96 sampai 1.96. Dan jika ternyata ada yang keluar dari interval tersebut, maka titik-titik tersebut perlu diperhatikan lebih lanjut karena kemungkinan sel yang bersangkutan adalah penyebab terjadinya dependensi[6].

2.3 Model loglinier

Diasumsikan semua $m_{ijk} > 0$ dan $\eta_{ijk} = \log m_{ijk}$. Berikut ini adalah model umum loglinear untuk tiga dimensi [7]:

$$\log m_{ijk} = \mu + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ij}^{XY} + \lambda_{ik}^{XZ} + \lambda_{jk}^{YZ} + \lambda_{ijk}^{XYZ} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$$\lambda_{ijk}^{XYZ} = \eta_{ijk} - \eta_{ij.} - \eta_{i.k} - \eta_{.j.} + \eta_{i..} + \eta_{.j.} + \eta_{..k} - \eta_{...} \dots\dots\dots(4)$$

Model umum loglinier tersebut dapat dianalogikan dalam bentuk [8]:

$$\log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(ik)} + u_{23(jk)} + u_{123(ijk)} \dots\dots\dots(5)$$

2.4 Seleksi model

1. Uji k-way

Uji order ke-k atau lebih sama dengan nol:

a. Untuk k = 3

H₀ : order ke-3 sama dengan nol

H₁ : order ke-3 tidak sama dengan nol

Model jika H₀ benar :

$$\log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(ik)} + u_{23(jk)}, \text{ db model} = 1+(I-1)+(J-1)+(K-1)+(I-1)(J-1)+(I-1)(K-1)+(J-1)(K-1)[9]$$

b. Untuk k = 2

H₀ : order ke-2 atau lebih sama dengan nol

H₁ : paling sedikit ada satu order ke-2 tidak sama dengan 0

Model jika H₀ benar : $\log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)}$, db model = 1+(I-1)+(J-1)+(K-1)

c. Untuk k = 1

H₀ : order ke-1 atau lebih sama dengan nol

H₁ : paling sedikit ada satu order ke-1 tidak sama dengan 0

Model jika H_0 benar : $\log m_{ijk} = u$, db model = 1

Untuk setiap k menggunakan statistik $G^2 = 2 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijk} \log \frac{x_{ijk}}{m_{ijk}}$ dan daerah kritis berbentuk $\chi^2 >$

$\chi^2_{(\alpha; db)}$, dimana db = IJK-db model [10].

2. Uji asosiasi parsial

Uji ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya ketergantungan diantara dua variabel dalam setiap kategori variabel ketiga.

Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

a. Efek yang akan diuji : u_{12}

H_0 : X dan Y independen dalam setiap level Z ($u_{12} = 0$)

H_1 : X dan Y dependen dalam setiap level Z ($u_{12} \neq 0$)

Model jika H_0 benar : $\log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{23(jk)} + u_{13(ik)}$ (6)

Statistik uji : $\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{(x_{ijk} - m_{ijk})^2}{m_{ijk}}$ (7)

Daerah kritis : $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha; db)}$ dengan db = (I-1)(J-1) [11]

b. Efek yang akan diuji : u_{13}

H_0 : X dan Z independen dalam setiap level Y ($u_{13} = 0$)

H_1 : X dan Z dependen dalam setiap level Y ($u_{13} \neq 0$)

Model jika H_0 benar : $\log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{23(jk)}$ (8)

Statistik uji : $\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{(x_{ijk} - m_{ijk})^2}{m_{ijk}}$ (9)

Derah kritis : $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha; db)}$ dengan db = (I-1)(K-1) [12]

c. Efek yang akan diuji : u_{23}

H_0 : Y dan Z independen dalam setiap level X ($u_{23} = 0$)

H_1 : Y dan Z dependen dalam setiap level X ($u_{23} \neq 0$)

Model jika H_0 benar : $\log m_{ijk} = u + u_{1(i)} + u_{2(j)} + u_{3(k)} + u_{12(ij)} + u_{13(ik)}$ (10)

Statistik uji : $\chi^2 = \chi^2 > \chi^2_{(\alpha; db)}$

Daerah kritis : $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha; db)}$ dengan db = (J-1)(K-1) [13].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Model Log Linier Tiga Dimensi

Analisis logistik linier tiga dimensi dapat dilakukan bila variabel yang akan diuji menggunakan logistik linier telah menunjukkan hubungan yang signifikan atau bisa dikatakan kedua variabel tersebut dependent.

3.1.1 Uji Independensi Pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama

Akan dilakukan pengujian independensi pada 3 variabel yang diduga berpengaruh secara signifikan adalah variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama. Dengan menggunakan $\alpha = 0.05$ dan rincian hipotesis berikut:

H_0 : Pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama independen

H_1 : Pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama dependen

Tabel 2. Independensi Antara Jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama

Pernah mengalami kejadian	Jenis kelamin	Kriteria nilai	Memperdalam ilmu Agama			Total	
			Ya	Tidak	Tidak Menentu		
Ya	Pria	jumlah	11	12	17	40	
		Jumlah harapan	16	8	16	40	
		Prosentase total	18,3%	20%	28,3%	66,7	
		Wanita	jumlah	13	0	7	20
			Jumlah harapan	8	4	8	20
			Prosentase total	21,7%	0,01%	11,7%	33,3%
	Total	jumlah	24	12	24	60	
		Jumlah harapan	24	12	24	60	
		Prosentase total	40%	20%	40%	100%	
	Tidak	Pria	jumlah	24	26	31	81
			Jumlah harapan	27,8	17,9	35,3	81
			Prosentase total	17,1%	18,6%	22,1%	57,9%
Wanita			jumlah	24	5	30	59
			Jumlah harapan	20,2	13,1	25,7	59
			Prosentase total	17,1%	3,6%	21,4%	42,1%
Total		jumlah	48	31	61	140	
		Jumlah harapan	48	31	61	140	
		Prosentase total	34,3%	22,1%	43,6%	100%	

Dari hasil tabulasi silang dan uji independensi antara pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama diketahui bahwa nilai ekspektasi terbesar terdapat pada responden yang tidak pernah mengalami kejadian seperti di sinetron religi, berjenis kelamin pria dan menganggap bahwa sinetron religi dapat memperdalam ilmu agama, dengan ekspektasi sebesar 27.8. Tabel 2. menggambarkan nilai chi-square dari per blok i , jika dihitung secara tabel kontingensi 3 dimensi maka menghasilkan nilai ekspektasi sebagai berikut :

$$m_{ijk} = \frac{n_{ij+}n_{i+k}}{n_{ijk}} \text{ Misal } : m_{111} = \frac{n_{11+}n_{1+1}}{n_{111}} \quad m_{ijk} = \frac{40.24}{60} \quad m_{ijk} = 60 \text{ Sehingga dihasilkan tabel}$$

kontingensi (Tabel 3).

Tabel 3. Tabel Kontingensi

Pernah mengalami kejadian	Jenis kelamin	Memperdalam ilmu agama		
		ya	tidak	Tidak tentu
ya	Pria	11 (14.4)	12 (8.6)	17 (17)
	Wanita	13 (7.2)	0 (4.3)	7 (8.5)
tidak	Pria	24 (29.16)	26 (17.415)	31 (34.425)
	Wanita	24 (21.24)	5 (12.685)	30 (25.975)

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (x_{ijk} - m_{ijk})^2}{m_{ijk}} = \frac{(11-14.4)^2}{14.4} + \frac{(12-8.6)^2}{8.6} + \dots + \frac{(30-25.075)^2}{25.075} = 27,88 \text{ dan } df = IJK - I - J - K + 27 = 7$$

$$\chi_{tabel}^2 = \chi_{(0.05,7)}^2 = 20.278$$

Berdasarkan hal tersebut diperoleh keputusan yaitu tolak H_0 , karena $\chi^2 > \chi_{tabel}^2$ maka $27.88 > 20,278$. Didapat kesimpulan yaitu pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama terdapat hubungan (dependent) sehingga dapat dilanjutkan uji log linier.

3.1.2. Uji Log Linier Pernah Mengalami Kejadian, Jenis Kelamin dan Memperdalam Ilmu Agama

Dari hasil uji independensi dari 3 variabel pertanyaan antara pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama di dapatkan hasil pengujian bahwa 3 variabel tersebut dependent sehingga dapat dilakukan uji log linier sebagai berikut :

1. Uji K-Way

Berdasarkan pada hasil analisis log linier yang dilakukan didapatkan adanya hubungan antara pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama. Hal ini didapatkan dari uji K-Way yang menunjukkan ketergantungan atau interaksi K suku atau lebih adalah nol, atau efek order ke- k atau lebih sama dengan nol.

Tabel 4 Uji efek order ke-k dan yang lebih tinggi sama dengan nol

K	DF	L.R. Chisq	Prob	Pearson Chisq	Prob	Iteration
3	2	4,582	0,1012	3,590	0,1661	4
2	7	28,404	0,0002	23,153	0,0016	2
1	11	84,875	0,00001	69,160	0,00001	0

Untuk k = 3

Hipotesis :

H_0 : Efek order ke-3 dan yang lebih tinggi sama dengan nol

H_1 : Paling sedikit ada satu efek orde ke-3 dan yang lebih tinggi tidak sama dengan nol

Dari lampiran uji log linear variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama didapatkan nilai G^2_{hitung} sebesar 3.950 dan probabilitas G^2 (*Likelihood Ratio Chi-Square*) sebesar 0.1661. Pada level $\alpha_{0,05}$ diperoleh nilai P_value lebih besar dari α , (0.05) sehingga gagal tolak H_0 . Berarti ada efek order ke-3 tidak masuk dalam model

Untuk k = 2

H_0 : Efek order ke-2 dan yang lebih tinggi sama dengan nol

H_1 : Paling sedikit ada satu efek orde ke-2 dan yang lebih tinggi tidak sama dengan nol

Dari lampiran uji log linear variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama didapatkan nilai G^2_{hitung} sebesar 23.153 dan probabilitas G^2 (*Likelihood Ratio Chi-Square*) sebesar 0.0016. Pada level $\alpha_{0,05}$ diperoleh nilai P_value lebih kecil dari α , sehingga tolak H_0 . Berarti ada efek order ke-2 dan yang lebih tinggi masuk dalam model

Untuk k = 1

H_0 : Efek order ke-1 dan yang lebih tinggi sama dengan nol

H_1 : Paling sedikit ada satu efek orde ke-1 dan yang lebih tinggi tidak sama dengan nol

Dari lampiran uji log linear variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama didapatkan nilai G^2_{hitung} sebesar 69.610 dan probabilitas G^2 (*Likelihood Ratio Chi-Square*) sebesar 0.0000. Pada level $\alpha_{0,05}$ diperoleh nilai P_value lebih kecil dari α , sehingga tolak H_0 . Berarti ada efek order ke-1 dan yang lebih tinggi masuk dalam model.

2. Uji efek order ke-k sama dengan nol

Tabel 5. Uji efek order ke-k sama dengan nol

K	DF	L.R. Chisq	Prob	Pearson Chisq	Prob	Iteration
1	4	56,471	0,0000	46,007	0,00001	0
2	5	23,822	0,0002	19,563	0,0015	0
3	2	4,582	0,1012	3,590	0,1661	0

Untuk k = 1

Hipotesis :

H_0 : Efek order ke-1 sama dengan nol

H_1 : Paling sedikit ada satu efek orde ke-1 sama dengan nol

Dari lampiran uji log linear variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama didapatkan nilai G^2_{hitung} sebesar 19.563 dan probabilitas G^2 (*Likelihood Ratio Chi-Square*) sebesar 0.000. Pada level $\alpha_{0.05}$ diperoleh nilai P_value lebih kecil dari α , sehingga tolak H_0 . Berarti ada efek order ke-1 yang tidak sama dengan nol.

Untuk k = 2

Hipotesis :

H_0 : Efek order ke-2 sama dengan nol

H_1 : Paling sedikit ada satu efek orde ke-2 sama dengan nol

Dari lampiran uji log linear variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama didapatkan nilai G^2_{hitung} sebesar. 19.563 dan probabilitas G^2 (*Likelihood Ratio Chi-Square*) sebesar 0.0015. Pada level $\alpha_{0.05}$ diperoleh nilai P_value lebih kecil dari α , sehingga tolak H_0 . Berarti ada efek order ke-2 yang tidak sama dengan nol.

Untuk k = 3

Hipotesis :

H_0 : Efek order ke-3 sama dengan nol

H_1 : Paling sedikit ada satu efek orde ke-3 sama dengan nol

Dari lampiran uji log linear variabel pernah mengalami kejadian, jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama didapatkan nilai G^2_{hitung} sebesar. 3.950 dan probabilitas G^2 (*Likelihood Ratio Chi-Square*) sebesar 0.1661. Pada level $\alpha_{0.05}$ diperoleh nilai P_value lebih kecil dari α , sehingga tolak H_0 . Berarti ada efek order ke-3 yang tidak sama dengan nol.

3. Uji Asosiasi Parsial

Uji ini dilakukan untuk menguji hubungan antara 2 variabel dalam setiap level variabel lainnya. Dengan hipotesis seperti di bawah ini :

Hipotesis :

1. H_0 : Efek interaksi variabel pernah mengalami kejadian = 0
 H_1 : Efek interaksi variabel pernah mengalami kejadian $\neq 0$
2. H_0 : Efek interaksi variabel jenis kelamin = 0
 H_1 : Efek interaksi variabel jenis kelamin $\neq 0$
3. H_0 : Efek interaksi variabel memperdalam ilmu agama = 0
 H_1 : Efek interaksi variabel memperdalam ilmu agama $\neq 0$

Tabel 6. Hasil Pengujian Asosiasi Parsial Pernah Mengalami Kejadian, Jenis Kelamin Dan Memperdalam Ilmu Agama Bangsa

Hubungan variabel	Derajat kebebasan	L.R. Chisq Change	Probabilitas	Iterasi
Pernah mengalmi kejadian*	1	1,935	0,1642	2
Jenis kelamin				
Pernah mengalmi kejadian	2	1,145	0,5640	2
*memperdalam ilmu agama				
Jenis kelamin*	2	21,849	0,0000 1	2
memperdalam ilmu agama				

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan program SPSS diketahui bahwa variabel pernah mengalami kejadian dan jenis kelamin didapatkan nilai probabilitas sebesar 0.1642 dan nilai G^2_{hitung} sebesar 1.935, yang berarti $> \alpha$ (5%) atau gagal tolak H_0 . Jadi dapat disimpulkan bahwa variabel pernah mengalami kejadian dan jenis kelamin tidak masuk kedalam model. Sedangkan untuk variabel jenis kelamin dan

memperdalam ilmu agama didapatkan nilai probabilitas sebesar 0.000 dan nilai G^2_{hitung} sebesar 21.849, yang berarti $> \alpha$ (5%) atau tolak H_0 . Jadi dapat disimpulkan bahwa variabel jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama masuk ke dalam model.

4. Seleksi Model Terbaik

Dalam melakukan seleksi model terbaik ini digunakan *metode eliminasi backward* yaitu dimulai dari model yang paling lengkap sampai yang paling sederhana.

Hipotesis :

H_0 : [1] [2] adalah model terbaik

H_1 : [1 2] adalah model terbaik

Berdasarkan hasil eliminasi *backward* diketahui bahwa model terbaik adalah model jenuh (*Saturated Model*), sehingga tidak ada kemungkinan efek lain yang masuk model. Dengan nilai $DF = 0$, nilai $G^2 = 0.0000$ dan nilai probabilitas = 1.000. Perubahan G^2 jika efek interaksi dikeluarkan dari model didapatkan nilai probabilitas sebesar 0.00001 yang kurang dari $\alpha_{0.05}$, sehingga tolak H_0 . Dan dapat dikatakan bahwa efek interaksi antara dua faktor masuk dalam model dan proses eliminasi backward berhenti.

Jadi model log linier untuk hubungan antara kedua variabel tersebut adalah $\ln \hat{m} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB}$

Dimana :

λ : Efek interaksi rata rata secara keseluruhan

λ_i^A : Efek utama kategori ke-i variabel Jenis Kelamin

λ_j^B : Efek utama kategori ke-j variabel Memperdalam ilmu agama

λ_{ij}^{AB} : Efek interaksi anatara kategori ke-i variabel Jenis Kelamin dan kategori-j variabel Memperdalam ilmu agama

5. Estimasi Parameter

Untuk mengetahui sel mana yang berpengaruh sehingga terjadi pola dependensi antara jenis kelamin dan memperdalam ilmu agama, dapat dilihat dari nilai Z_value yang nilainya > 1.96 dan nilai $Z_value < -1.96$.

Tabel 7 Nilai Taksiran Parameter Jenis Kelamin dan Memperdalam ilmu agama

Jenis Kelamin	Parameter	Memperdalam Ilmu Agama		
		Ya	Tidak	Tidak Tentu
Pria	Koefisien	-0,4992930407	0,3604561243	-0,687924582
	Z-value	-3,19113*	2,30378*	-1,123547
Wanita	Koefisien	0,7386107382	-0,7965210424	-0,0124578354
	Z-value	2,84645*	-3,06962*	-0,036214

Berdasarkan nilai taksiran parameter yang disajikan pada tabel di atas, dapat diketahui bahwa mahasiswa IAIN Madura yang berjenis kelamin pria dan wanita yakin bahwa sinetron religius dapat memperdalam ilmu agama, dan juga mahasiswa yang berjenis kelamin pria dan wanita yakin bahwa sinetron religius tidak dapat memperdalam ilmu agama.

3.2.2 Uji Independensi Opini, Memperdalam Ilmu Agama dan Pernah Mengalami Kejadian

Akan dilakukan pengujian independensi pada 2 variabel yang diduga berpengaruh secara signifikan adalah variabel percaya dan bagaimana cerita dalam sinetron religius.

Tabel 8. Independensi Antara Opini, memperdalam ilmu agama dan pernah mengalami kejadian

Pernah Mengalami kejadian	parameter	Nilai	Derajat kebebasan	<i>Asymptotic Significance</i>
Ya	Pearson Chisquare	3,537	4	0,472
	Likelihood ratio	4,069	4	0,397
	Hubungan linier	0,451	1	0,502
	N	60	-	-
Tidak	Pearson Chisquare	24,082	4	0,0001
	Likelihood ratio	23,312	4	0,0001
	Hubungan linier	12,860	1	0,0001
	N	60	-	-

Berdasarkan Tabel 8 diperoleh keputusan yaitu gagal tolak H_0 karena $P_value > \alpha$ maka $0,0001 < 0,05$. Sehingga diperoleh kesimpulan yaitu variabel opini, memperdalam ilmu agama dan pernah mengalami kejadian tidak terdapat hubungan atau tiap variabelnya *independent*, sehingga tidak dapat dilanjutkan ke uji logistik linier.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai taksiran parameter yang disajikan pada tabel di atas, dapat diketahui bahwa mahasiswa IAIN MADURA yang berjenis kelamin pria dan wanita yakin bahwa sinetron religius dapat memperdalam ilmu agama, dan juga mahasiswa yang berjenis kelamin pria dan wanita yakin bahwa sinetron religius tidak dapat memperdalam ilmu agama.
2. Berdasar nilai Chi Square yang disajikan pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa variabel opini, memperdalam ilmu agama dan pernah mengalami kejadian tidak terdapat hubungan atau tiap variabelnya *independent*, sehingga tidak dapat dilanjutkan ke uji logistic linier.

Saran dalam penelitian ini Hendaknya dalam penghitungan logistik linier menggunakan bantuan software komputer agar lebih akurat dan lebih memudahkan perhitungan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti berterimakasih pada IAIN Madura yang telah memberi kesempatan dalam malakukan penelitian ini dan para mahasiswa yang telah meluangkan waktunya untuk bersedia menjadi responden. Serta tim jurnal Fraction dari Universitas Bangka Belitung yang telah memberi kesempatan untuk menerbitkan artikel ini pada jurnal Fraction.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Andreas and D. Klein, “When and why are log-linear models self-normalizing ?,” pp. 244–249, 2015.
- [2] D. Budiati, Y. Wilandari, M. Jurusan Statistika FSM UNDIP, and S. Pengajar Jurusan Statistika, “Analisis Hubungan Antara Lama Studi, Jalur Masuk Dan Indeks Prestasi Kumulatif (Ipk) Menggunakan Model Log Linier (Studi Kasus: Lulusan Mahasiswa Fsm Undip Periode Wisuda Tahun 2012/2013),” *J. Gaussian*, vol. 3, no. 1, pp. 41–50, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>.
- [3] C. Chatfield, J. Zidek, B. Columbia, A. Pole, M. West, and J. Harrison, *CHAPMAN & HALL / CRC Texts in Statistical Science Series Series Editors*. 2002.
- [4] G. Fauziah and S. Sunendiari, “Estimasi Pseudo Poisson Maximum Likelihood untuk Mengatasi Masalah dalam Model Log-Linear pada Kasus Kusta di Jawa Barat Tahun 2018,” *J. Ris. Stat.*, vol. 1, no. 1, pp. 57–62, 2021, doi: 10.29313/jrs.v1i1.147.
- [5] S. C. Gerritse, P. G. M. van der Heijden, and B. F. M. Bakker, “Sensitivity of population size estimation for violating parametric assumptions in log-linear models,” *J. Off. Stat.*, vol. 31, no. 3, pp. 357–379, 2015, doi: 10.1515/JOS-2015-0022.
- [6] Z. Huang, “S e n s o r s & T r a n s d u c e r s An Improved Differential Evolution Algorithm Based

- on Statistical Log-linear Model,” vol. 159, no. 11, pp. 277–281, 2013.
- [7] Z. Huang and Y. Chen, “Log-linear model based behavior selection method for artificial fish swarm algorithm,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/685404.
- [8] D. A. N. Indeks and P. Kumulatif, “MODEL LOG LINEAR TIGA DIMENSI UNTUK MENGETAHUI HUBUNGAN ANTARA BEASISWA , JENIS MODEL LOG LINEAR TIGA DIMENSI UNTUK MENGETAHUI HUBUNGAN ANTARA BEASISWA , JENIS,” 2022.
- [9] M. Junczys-Dowmunt and R. Grundkiewicz, “Log-linear Combinations of Monolingual and Bilingual Neural Machine Translation Models for Automatic Post-Editing,” *Proc. Annu. Meet. Assoc. Comput. Linguist.*, vol. 2, pp. 751–758, 2016, doi: 10.18653/v1/w16-2378.
- [10] R. E. Kewinay, “Aplikasi Analisis Log-Linier pada Pengaruh Sikap dan Motivais Mahasiswa terhadap Kedisiplinan,” *J. Difer.*, vol. 2, no. 2, pp. 163–179, 2020.
- [11] Y. Wilandari, S. Sugito, and C. Silvia, “Analisis Kecelakaan Lalu Lintas Di Kota Semarang Menggunakan Model Log Linier,” *Media Stat.*, vol. 9, no. 1, pp. 51–61, 2016, doi: 10.14710/medstat.9.1.51-61.
- [12] H. Wang and A. Rodríguez, “Identifying Pediatric Cancer Clusters in Florida Using Log-Linear Models and Generalized Lasso Penalties,” *Stat. Public Policy*, vol. 1, no. 1, pp. 86–96, 2014, doi: 10.1080/2330443X.2014.960120.
- [13] R. Kompresi, J. S. Sari, Y. Wilandari, and A. Hoyyi, “Pembentukan Model Log Linier Empat Dimensi (Studi Kasus : Rata-Rata Pengguna Jenis Bahan Bakar Minyak Berdasarkan Jenis Kendaraan, Rasio Kompresi Dan Kapasitas Mesin),” *None*, vol. 5, no. 3, pp. 437–446, 2016.
- [14] T. H. Nguyen and R. Grishman, “Combining Neural Networks and Log-linear Models to Improve Relation Extraction,” 2015, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1511.05926>.
- [15] A. Wulandari and A. Babelia, “Penerapan Metode Regresi Linear Berganda Terhadap Application of Multiple Linear Regression Method on Daily Income and,” *Fraction*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [16] Y. Yang and J. Eisenstein, “A log-linear model for unsupervised text normalization,” *EMNLP 2013 - 2013 Conf. Empir. Methods Nat. Lang. Process. Proc. Conf.*, no. October, pp. 61–72, 2013.
- [17] T. A. Nurman, “Analisis data kategori dengan log linier menggunakan prinsip hirarki (studi kasus jumlah kecelakaan lalu lintas di kota makassar tahun 2011).,” *J. Teknosains*, vol. 7, no. 1, pp. 99–110, 2013.
- [18] F. Petitjean, G. I. Webb, and A. E. Nicholson, “Scaling log-linear analysis to high-dimensional data,” *Proc. - IEEE Int. Conf. Data Mining, ICDM*, no. March 2014, pp. 597–606, 2013, doi: 10.1109/ICDM.2013.17.
- [19] R. Spring and A. Shrivastava, “A New Unbiased and Efficient Class of LSH-Based Samplers and Estimators for Partition Function Computation in Log-Linear Models,” 2017, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1703.05160>.
- [20] A. Törner *et al.*, “The underreporting of hepatocellular carcinoma to the cancer register and a log-linear model to estimate a more correct incidence,” *Hepatology*, vol. 65, no. 3, pp. 885–892, 2017, doi: 10.1002/hep.28775.

PREDIKSI EMISI GAS RUMAH KACA PADA SEKTOR ENERGI DI INDONESIA MENGUNAKAN MODEL ARIMA

Prediction Of Greenhouse Gas Emissions In The Energy Sector In Indonesia Using The Arima Model

Agnes Pramita^{1,a}, Nur Kholisoh², Rohil Agatha Lusya³

¹Universitas Bangka Belitung [Email: agnespramita5717@gmail.com]

²Universitas Bangka Belitung [Email: channelissanukhosa@gmail.com]

³Universitas Bangka Belitung [Email: rohilagtah@gmail.com]

^aagnespramita@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan cuaca ekstrem menjadi masalah global yang sangat memprihatinkan, termasuk di Indonesia. Salah satu penyebab hal ini adalah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang diproduksi oleh aktivitas manusia. Berdasarkan data BPS tahun 2021, sektor energi merupakan salah satu penyumbang emisi GRK yang terbanyak di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi tingkat emisi GRK yang dihasilkan dari sektor energi dengan menggunakan model ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Adapun data yang digunakan yaitu data historis dari tahun 2000 – 2019 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa grafik hasil prediksi emisi gas rumah kaca di Indonesia mengalami peningkatan secara signifikan hingga tahun 2030. Artinya pada tahun-tahun mendatang sektor energi masih diprediksi sebagai penyumbang utama emisi GRK di Indonesia.

Kata kunci: Emisi Gas Rumah Kaca, ARIMA, Energi

ABSTRACT

Extreme weather changes are a global problem of great concern, including in Indonesia. One cause of this is Green House Gas (GHG) emissions produced by human activities. Based on 2021 BPS data, the energy sector is one of the largest contributors to GHG emissions in Indonesia. The aim of this research is to predict the level of GHG emissions resulting from the energy sector using the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) model. The data used is historical data from 2000 – 2019 obtained from the Indonesian Central Statistics Agency (BPS). Based on the analysis results, it was found that the predicted graph for greenhouse gas emissions in Indonesia has increased significantly until 2030. This means that in the coming years the energy sector is still predicted to be the main contributor to GHG emissions in Indonesia.

Keywords: Greenhouse Gas Emissions, ARIMA, Energy

1. PENDAHULUAN

Munculnya istilah pemanasan global bukan karena tidak ada alasan. Eksploitasi berlebihan dan tak bertanggung jawab yang dilakukan oleh manusia menjadi salah satu alasan adanya istilah tersebut. Jadi, alam akan bereaksi secara perlahan. Pemanasan global ini merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ketahun karena terjadinya efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitro oksida (N₂O), dan klorofluorokarbon (CFC) sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi.

Perubahan iklim dan pemanasan global menjadi perhatian global yang dalam beberapa dekade terakhir. Salah satu faktor utama yang menyebabkan perubahan iklim adalah emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Peningkatan suhu global dapat menyebabkan berbagai dampak negatif seperti perubahan pola cuaca ekstrim, kenaikan permukaan air laut, dan kerusakan ekosistem. Emisi GRK dihasilkan oleh berbagai sektor kegiatan manusia dan memiliki kontribusi yang berbeda-beda terhadap pemanasan global.

Pada periode 2000-2019, Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia mencatat data emisi GRK menurut jenis sektor di Indonesia. Dalam data tersebut ada enam sektor yang berkontribusi dalam menghasilkan emisi GRK yaitu energi, *Industrial Processes and Product Use* (IPPU), pertanian, *Forestry and other Land Use* (FOLU), kebakaran hutan dan limbah [1]. Pada data tersebut, sektor energi merupakan penyumbang terbesar emisi GRK di Indonesia. Sumber energi yang banyak digunakan pada sektor energi adalah batu bara, minyak bumi dan gas alam. Sektor energi tersebut yang memiliki potensi besar dalam menghasilkan emisi GRK.

Pada 14 April 2023, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indonesia memperkirakan bahwa indeks Ultraviolet (UV) sinar matahari akan mencapai kategori ekstrim di beberapa wilayah Indonesia. Dalam rentang waktu antara pukul 08:00 WIB sampai dengan 14:00 WIB yang mengalami peningkatan suhu maksimal, berkisar 33 hingga 35 derajat Celsius. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan Emisi GRK sebesar 29% atau 834 juta ton ekuivalen karbon dioksida (CO₂e) pada tahun 2030 dari kondisi *Business as Usual*. Pada tahun 2021, Indonesia berhasil menurunkan emisi GRK dari sektor energi sebesar 70 Juta Ton CO₂e, telah melebihi target yang ditetapkan sebesar 104 % [2].

Adapun penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan emisi GRK salah satunya oleh Anifah *et al.*, pada tahun 2021 yang mengestimasi emisi GRK di Balikpapan. Berdasarkan penelitian ini penurunan emisi GRK sebesar 62,34% dengan proses daur ulang dan pengomposan sampah. Selain itu, dalam upaya menurunkan emisi GRK, pemerintah Indonesia telah menaungi beberapa fasilitas pembiayaan dan pendanaan perubahan iklim antara lain *The Green Climate Fund* dan Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup. Pemerintah juga berupaya untuk menggerakkan transisi energi Indonesia dengan mengurangi pemanfaatan energi fosil dan perencanaan Energi Baru Terbarukan (EBT) jangka panjang (Pusdatin, 2020).

Penelitian sebelumnya oleh Asy'ari, Sitanggang *and* Musyafa' pada tahun 2023 memprediksi daya listrik menggunakan model *Autoregressive*. Model ini diasumsikan cocok untuk jenis data fluktuatif. Sejalan dengan penelitian tentang peramalan konsumsi energi listrik yang menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Hasil yang didapatkan yakni metode peramalan terbaik untuk meramalkan konsumsi energi listrik golongan I4 adalah metode ARIMA dengan model ARIMA (1,1,0) dimana nilai RSME yang dihasilkan sebesar 1.775.81. Model ARIMA memiliki kekuatan dan fleksibilitas yang tinggi dalam menganalisis berbagai data deret waktu dan nilai ramalan yang dihasilkan lebih akurat. Jadi, metode ARIMA diduga cocok digunakan jika observasi dari deret waktu saling berhubungan satu sama lain. [5]

Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian untuk mengetahui prediksi emisi GRK yang berfokus pada sektor energi di Indonesia dengan menggunakan model ARIMA. Dengan harapan dapat menjadi acuan untuk menentukan langkah pengurangan penggunaan sumber daya energi yang menimbulkan banyak Emisi GRK serta dapat dijadikan saran atau masukan untuk pemerintah.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan jenis data sekunder dengan pendekatan kualitatif. Data yang digunakan adalah data emisi GRK menurut jenis sektor energi (ribu ton CO₂e) di Indonesia dari tahun 2000 sampai 2019. Data tersebut didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Untuk metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deret waktu. Data tersebut diolah dengan menggunakan metode peramalan (*forecasting*). Metode peramalan (*forecasting*) yang digunakan pada tahapan analisis deret waktu adalah metode ARIMA. Model ARIMA digunakan untuk menganalisis data historis emisi GRK pada sektor energi dalam memprediksi tingkat emisi GRK hingga 2030.

2.1. Model Time Series (Deret Waktu)

Model *time series* merupakan representasi statistik dari pengamatan yang diambil secara berurutan dalam interval waktu yang sama (Montgomery, 2015).

Adapun rumus *Autocorrelation Function* (ACF) dapat dilihat pada persamaan berikut [6]:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \text{Corr}(X_t, X_{t+k}) \quad (1)$$

Dengan :

ρ_k = nilai ACF pada lag ke - k

γ_k = kovarian pada lag ke - k

γ_0 = varian

Selain itu, terdapat *Partial Autocorrelation Function* (PACF) yang digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara X_t dan X_{t+k} , dimana pengaruh dari masing-masing lag dianggap terpisah. Persamaan fungsi autokorelasi parsial adalah sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_{j-1}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_{j-1}} \quad (2)$$

$$\phi_{kj} = \phi_{k-1,j} - \phi_{kk} \phi_{k-1,j-1} \quad (3)$$

untuk:

$$j: 1, 2, \dots, k - 1$$

dengan :

ϕ_{kk} = nilai PACF pada lag ke - k

k = time lag

2.2. Identifikasi Model melalui Plot ACF dan PACF

Autocorrelation Function (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) digunakan untuk mengidentifikasi model ARIMA yang sesuai untuk data deret waktu [7]. ACF mengukur korelasi antara observasi pada suatu waktu dengan observasi pada waktu sebelumnya, sedangkan PACF mengukur korelasi antara observasi pada suatu waktu dengan observasi pada waktu sebelumnya setelah menghilangkan korelasi melalui waktu yang lebih pendek.

Proses pemilihan model yang tepat dilakukan dengan mengidentifikasi orde AR dan MA pada grafik ACF dan PACF [8] sebagai berikut:

- 1) Jika autokorelasi secara eksponensial melemah menjadi nol berarti terjadi proses AR (p).
- 2) Jika autokorelasi parsial melemah secara eksponensial berarti terjadi proses MA (q).
- 3) Jika keduanya melemah berarti terjadi proses ARIMA ($p, 0, q$).

2.3. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model *Autoregressive* adalah model yang menyatakan bahwa data pada periode sekarang dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya. Model *Autoregressive* dengan ordo p disingkat dengan AR (p).

Model *Moving Average* menyatakan hubungan antara nilai pengamatan dari kesalahan peramalan sekarang dan masa lalu yang berurutan, persamaan itu dinamakan *Moving Average Model*. Model *Moving Average* dengan ordo q disingkat MA (q).

Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) ialah gabungan dari model AR(p) dan MA(q) sehingga memiliki asumsi bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data periode lampau dan nilai lampau kesalahannya. Model ARMA dengan orde p dan q ditulis ARMA (p, q) atau ARMA ($p, 0, q$). Menurut Mulyono dalam [9], bentuk umum dari model ARMA adalah :

$$Z_t = \mu + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (4)$$

dengan:

Z_t = Variabel time series

μ = Konstanta

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ = Koefisien parameter moving average ke- q

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = Koefisien parameter autoregressive ke- p

e_{t-q} = Sisaan pada saat ke- $t - q$

Selain menggunakan metode transformasi dalam melakukan kestasioneran data, salah satu cara yang umum dipakai adalah dengan menggunakan metode pembedaan (*differencing*). Metode *differencing* adalah metode untuk membentuk suatu data baru yang diperoleh dengan cara mengurangi nilai pengamatan pada waktu t dengan nilai pengamatan pada waktu sebelumnya ($t-1$), yang dapat ditulis dalam persamaan (Anggraini, 2015):

$$W_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (5)$$

Proses ARIMA digunakan apabila time series tidak stasioner. Secara umum persamaan model ARIMA adalah [10]:

$$W_t = \mu + \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (6)$$

Dengan W_t seperti pada persamaan (5)

2.4. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat (Sulaiman dan Juarna, 2021). RMSE dapat digunakan untuk mencari tahu seberapa besar kesalahan pada data dari model yang digunakan. RMSE dapat dijadikan sebagai indikator ketidakcocokan dalam pemodelan. RMSE dapat dicari dengan menggunakan [11] :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \hat{x})^2}{n}} \quad (7)$$

Dimana:

- \hat{x} = nilai hasil prediksi
- x_i = nilai observasi ke-i
- n = banyaknya data

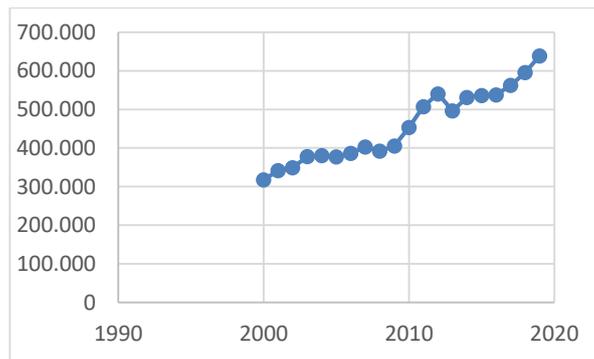
2.5. Cek Diagnosa

Pada tahap ini dilakukan pengujian asumsi residual yang meliputi uji *white noise*. Model dikatakan sesuai apabila plot ACF dan PACF untuk e_t tidak menunjukkan suatu pola tertentu (*white noise*). Suatu proses dikatakan *white noise* (proses yang bebas dan identik) jika bentuk variabel acak yang berurutan tidak saling berkorelasi dan mengikuti distribusi tertentu. Rata-rata $E(e_t) = \mu$ dari proses ini diasumsikan bernilai nol dan mempunyai variasi yang konstan yaitu $var(e_t) = \sigma_e^2$ dan nilai kovariansi untuk proses ini $\gamma_k = cov(a_t, a_{t+k})$ untuk $k \neq 0$ (Azeilla dkk,2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Energi di Indonesia

Adapun tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada sektor energi di Indonesia setiap tahunnya mengalami kenaikan secara terus-menerus (tren naik). Data emisi GRK pada sektor energi di Indonesia tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot data tingkat emisi GRK pada sektor energi di Indonesia dari tahun 2000 sampai dengan 2019

Berdasarkan Gambar 1 dapat terlihat bahwa data belum stasioner karena terdapat peningkatan emisi gas rumah kaca pada sektor energi yang cukup tinggi pada tahun 2011 serta pada tahun 2019 dan terus naik. Selanjutnya, untuk melakukan analisis data lebih lanjut, kriteria dan jenis data perlu ditinjau melalui analisis deskriptif. Berikut hasil statistik deskriptif disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Statistika Deskriptif

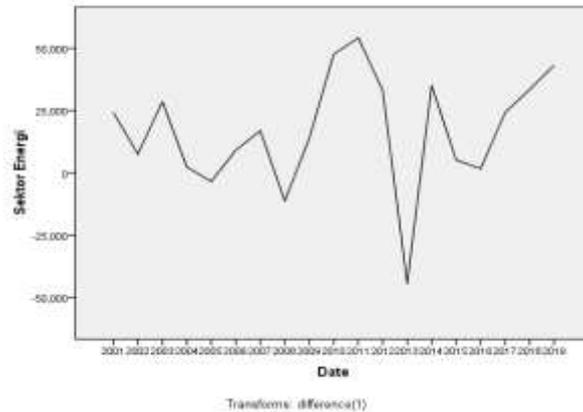
Ketentuan	Tingkat Kemiskinan
Mean	456,512.10
Standar Deviasi	94,674.303
Minimum	317,609
Maksimum	638,808

Berdasarkan Tabel 1 hasil analisis deskriptif dapat menggambarkan karakteristik data, salah satunya nilai *standar deviasi* dari emisi GRK. Nilai *standar deviasi* emisi GRK sebesar 94,674.303. Hal ini

mengidentifikasi bahwa kedekatan data dari sampel dengan rata-rata data emisi GRK sebesar 94,674.303.

3.2. Kestasioneran data

Kestasioneran data dapat dilihat dari hasil *output* yang naik/turun secara teratur dan konstan. Selain itu, data yang stasioner dapat dipengaruhi oleh nilai *varians* yang sama terhadap naik/turunnya data dan *mean* pada data tersebut. Jika kestasioneran data tersebut tidak konstan atau tidak stasioner, maka hasil *output* akan naik/turun tidak beraturan, nilai *varians* dan *mean* tidak selaras dengan naik/turunnya hasil *output* data.

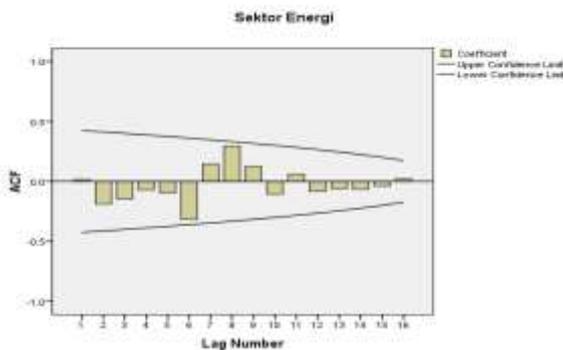


Gambar 2. Plot data tingkat emisi GRK pada sektor energi di Indonesia yang *dif* (1) diasumsikan telah stasioner.

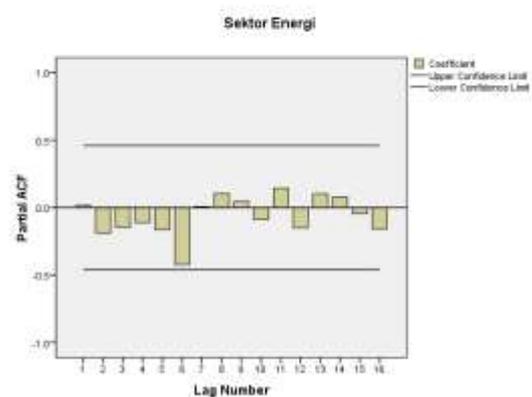
Berdasarkan **Gambar 2** data mengalami fluktuatif atau naik turun dengan kata lain dapat diasumsikan telah stasioner setelah dilakukan *differencing* sebanyak 1 kali.

3.3. Identifikasi Model

Identifikasi model ARIMA memerlukan perhitungan dari hasil ACF dan PACF yang telah diasumsikan stasioner. Perilaku ACF menunjukkan bahwa setelah lag 1 secara drastis menurun mendekati nol sedangkan pada PACF mendekati nol setelah lag pertama.



Gambar 3. Plot ACF (*Autocorrelation Fungsi*)



Gambar 4. Plot PACF (*Partial Autocorrelation Fungsi*)

Plot ACF disajikan pada Gambar 3 terjadi *cut off* pada lag ke-2 dalam plot ACF artinya data teridentifikasi model *Moving Average* (MA) yang bernilai 2. Selanjutnya, pada Gambar 4 terlihat bahwa pada plot PACF terjadi *cut off* pada lag ke-2 dalam plot ACF, artinya data teridentifikasi model AR. Identifikasi model awal berdasarkan identifikasi plot ACF dan PACF dengan metode *trial and error* diperoleh

tujuh model yang nantinya akan dilakukan *overfitting* untuk menentukan model terbaik. Adapun identifikasi model sementara dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Model ARIMA yang teridentifikasi

Model	Keterangan	RMSE
ARIMA (0,1,0)	AR=0, I=1, MA=0	23359,512
ARIMA (1,1,0)	AR=1, I=1, MA=0	24033,955
ARIMA (1,1,1)	AR=1, I=1, MA=1	24129,998
ARIMA (0,1,2)	AR=0, I=1, MA=2	22456,114
ARIMA (2,1,1)	AR=2, I=1, MA=1	22582,835
ARIMA (1,1,2)	AR=1, I=1, MA=2	22893,108
ARIMA (2,1,2)	AR=2, I=1, MA=2	23393,184

3.4. Model Terbaik

Hasil penaksiran parameter model ARIMA (0,1,2) berdasarkan RMSE diperoleh koefisien AR 0 = 0, MA 1 = 0,359, MA 2 = 0,642, dan konstanta = 15430,718 serta untuk hasil signifikansi kurang dari 0,05. Sehingga diperoleh persamaan untuk model ARIMA (0,1,2) dan dapat ditulis menjadi:

$$w_t = 15430,718 + 0w_0 + e_t - 0,359e_{t-1} - 0,642e_{t-2}$$

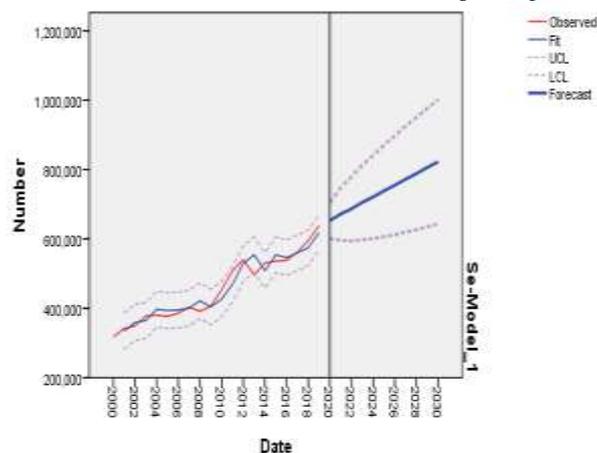
Selanjutnya Model ARIMA (0,1,2) ini digunakan untuk memprediksi tingkat emisi GRK pada sektor energi di Indonesia.

3.5. Uji White Noise

Berdasarkan *p-value* yang didapatkan menunjukkan bahwa residual model ARIMA (0,1,2) tidak menunjukkan suatu pola tertentu atau *white noise*, dimana *p-value* = 0,00 < 0,05. Sehingga dapat dikatakan bahwa model tersebut telah stasioner dan memenuhi asumsi residual *white noise*.

3.6. Prediksi Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Energi di Indonesia

Dalam penelitian ini prediksi tingkat emisi gas rumah kaca pada sektor energi di Indonesia dilakukan dari tahun 2000 hingga 2030 sesuai model ARIMA (0,1,2) disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Prediksi tingkat emisi GRK pada tahun 2000-2030 di Indonesia

Dapat dilihat dari Gambar 5 bahwa berdasarkan hasil prediksi masih terjadi peningkatan emisi gas rumah kaca terkonfirmasi hingga tahun 2030. Hasil prediksi ini berada diantara *upper control limit* (batas atas) dan *lower control limit* (batas bawah). Hal ini mengatakan bahwa tingkat emisi GRK pada sektor energi di Indonesia diprediksi akan terus bertambah dan belum ada tanda-tanda terjadi penurunan. Seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Prediksi tingkat emisi gas rumah kaca pada tahun 2000-2030 di Indonesia

Periode	Prediksi Emisi Gas Rumah Kaca (ton CO ₂ e)
2020	636697,86
2021	634751,17
2022	650181,88
2023	665612,60
2024	681043,32
2025	696474,04
2026	711904,75
2027	727335,47
2028	742766,19
2029	758196,91
2030	773627,63

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa peningkatan emisi GRK pada sektor energi akan meningkat seiring perkembangan zaman yang diringi perkembangan-perkembangan terbaru.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil prediksi yang diperoleh dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2030 diketahui bahwa terjadi peningkatan emisi GRK pada sektor energi di Indonesia setiap tahunnya. Model yang cocok dalam memprediksi peningkatan emisi GRK pada sektor energi di Indonesia sesuai dengan nilai RSME terkecil yaitu model ARIMA (0,1,2). Sehingga terjadinya peningkatan emisi GRK sampai 8 tahun kedepan harus mendapatkan perhatian khusus dan lebih serius oleh pemerintah, dengan antisipasi untuk mengurangi emisi GRK dapat mengganti sumber energi yang sekarang menjadi sumber energi diperbarui untuk mengurangi emisi GRK yang dihasilkan dari sektor energi demi mengurangi kerusakan lapisan ozon bumi dan untuk menjaga kualitas udara, serta kelangsungan hidup manusia

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Jurusan Matematika Universitas Bangka Belitung karena telah memberi wadah publikasi artikel ilmiah ini. Serta Dosen Pembimbing yang telah membantu dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Wahyudi, "Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model Ippc," *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. dan IPTEK*, vol. 15, no. 1, pp. 65–76, 2019, doi: 10.33658/jl.v15i1.132.
- [2] Kementerian ESDM, "Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi," *Inventar. Emisi Gas Rumah Kaca Sekt. Energi Tahun 2020*, p. 41, 2020.
- [3] E. M. Anifah, I. D. W. S. Rini, R. Hidayat, and M. Ridho, "Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Kegiatan Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan," *J. Sains & Teknologi Lingkung.*, vol. 13, no. 1, pp. 17–33, 2021, doi: 10.20885/jstl.vol13.iss1.art2.
- [4] M. K. Asy'ari, V. S. S. Sitanggang, and A. Musyafa', "Perancangan Sistem Prediksi Daya Listrik PLTB Sidrap Menggunakan Model Autoregressive," *Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, pp. 144–151, 2023, [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/snestik/article/view/4048>

- [5] F. Annasiah and M. Prastuti, "Peramalan Konsumsi Energi Listrik untuk Sektor Industri di PT PLN (Persero) Area Gresik Menggunakan Metode Time Series Regression dan ARIMA," vol. 12, no. 1, 2023.
- [6] R. Rahmadayanti, B. Susilo, and D. Puspitaningrum, "PERBANDINGAN KEAKURATAN METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) DAN EXPONENTIAL SMOOTHING PADA PERAMALAN PENJUALAN SEMEN DI PT. SINAR ABADI," vol. 3, no. 1, pp. 23–36, 2015.
- [7] R. Amelia, E. Kustiawan, I. Sulistiana, and D. Y. Dalimunthe, "Forecasting Rainfall in Pangkalpinang City Using Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous (Sarimax)," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 16, no. 1, pp. 137–146, 2022, doi: 10.30598/barekengvol16iss1pp137-146.
- [8] L. Susanti, S. J. Pririzki, and Z. Zeleansi, "PREDIKSI HARGA CABAI RAWIT MERAH SEBAGAI KEBUTUHAN PANGAN MASYARAKAT DI KOTA PANGKALPINANG," pp. 140–145, 2022.
- [9] D. Wahyuni, H. Stevanus, S. Pririzki, and R. Amelia, "Perbandingan Metode Arima Dan Exponential Smoothing Dalam Memprediksi Harga Lada Putih Di Kota Pangkalpinang Provinsi Kepulauan Bangka Belitung: Comparison of Arima and Exponential Smoothing Methods in Predicting the Price of White Pepper in Pangkalpinang," *Fraction J. Teor. dan Terap. Mat.*, vol. 1, no. 1 SE-Articles, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <http://fraction.ubb.ac.id/index.php/fraction/article/view/1>
- [10] D. Wahyuni, R. A. Lusia, Z. Zeleansi, D. Deti, and ..., "Aplikasi Model Arima Dalam Memprediksi Jumlah Kasus Penyebaran Covid-19 Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung," *Proc. ...*, pp. 112–117, 2021, [Online]. Available: <https://journal.ubb.ac.id/index.php/snppm/article/download/2717/1589>
- [11] T. O. Hodson, "Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not," *Geosci. Model Dev.*, vol. 15, no. 14, pp. 5481–5487, 2022, doi: 10.5194/gmd-15-5481-2022.

PENGARUH SISTEM PEMBELAJARAN HYBRID TERHADAP TINGKAT PEMAHAMAN MAHASISWA DI JURUSAN MATEMATIKA UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG TAHUN AJARAN 2021/2022
THE INFLUENCE OF THE HYBRID LEARNING SYSTEM ON THE LEVEL OF UNDERSTANDING OF STUDENTS IN THE MATHEMATICS DEPARTMENT AT BANGKA BELITUNG UNIVERSITY FOR THE 2021/2022 ACADEMIC YEAR

Imam Izzulsyah^{1,a}, Iken Setiawan², Jhodi Adi Sihamat³, Haef Iliyyin⁴, Puput Syakila⁵

¹Universitas Bangka Belitung [Email: imamizzulsyahijul33@gmail.com]

²Universitas Bangka Belitung [Email: ikensetiawan2016@gmail.com]

³Universitas Bangka Belitung [Email: sihamatjhodi@gmail.com]

⁴Universitas Bangka Belitung [Email: h.iliyyin@gmail.com]

⁵Universitas Bangka Belitung [Email: puputsyakila40@gmail.com]

^aimamizzulsyahijul33@gmail.com

ABSTRAK

Suatu hal yang tidak dapat dihindari oleh setiap orang yaitu evolusi zaman. Oleh karena itu, diperlukannya kemampuan untuk mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Pembelajaran jarak jauh/ daring adalah suatu alternatif proses pembelajaran yang sempat dilakukan. Namun proses pembelajaran jarak jauh yang tidak sesuai dan banyak mengalami kendala kembali memaksa dosen/pengajar untuk mengubah strategi pembelajaran. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah sistem pembelajaran *hybrid* dapat mempengaruhi pemahaman belajar mahasiswa Jurusan Matematika Universitas Bangka Belitung. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian kualitatif dengan bantuan *software statistics* untuk pengolahan data. Hasil analisis regresi linier berganda diperoleh beberapa variabel sistem pembelajaran *hybrid* memiliki nilai T hitung < T tabel yang berarti bahwa secara parsial variabel diri sendiri, dosen, metode pembelajaran, materi perkuliahan, lingkungan, dan fasilitas tidak berpengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa Matematika Universitas Bangka Belitung. Tetapi jika dilihat dari nilai F hitung (4,633) > F tabel (3,93), ternyata secara simultan atau bersama-sama dari setiap variabel sistem pembelajaran *hybrid* memiliki pengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa Matematika Universitas Bangka Belitung.

Kata kunci: Sistem pembelajaran *hybrid*, pemahaman mahasiswa, regresi linier berganda

ABSTRACT

One thing that cannot be avoided by everyone is the evolution of the times. Therefore, the ability to follow developments in science and technology (IPTEK) is needed. Online distance learning is an alternative learning process that has been carried out. However, the distance learning process is not suitable and many experiencing problems again forces lecturers/instructors to change learning strategies. The aim of this research is to find out whether the Hybrid learning system can influence students' learning understanding of the Mathematics Department, Bangka Belitung University. This research was conducted using qualitative research methods with the help of statistical software for data processing. The results of multiple linear regression analysis showed that several hybrid learning system variables had calculated T values < T table, which means that partially the variables themselves, lecturers, learning methods, lecture materials, environment and facilities had no effect on the level of understanding of Mathematics students at Bangka Belitung University. However, if we look at the calculated F value (4.633) > F table (3.93), it turns out that simultaneously or together each variable of the hybrid learning system has an influence on the level of understanding of Mathematics students at Bangka Belitung University.

Keywords: Hybrid learning system, student understanding, multiple linear regression

1. PENDAHULUAN

Suatu hal yang tidak dapat dihindari oleh setiap orang yaitu evolusi zaman. Oleh karena itu, diperlukannya kemampuan untuk mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Perkembangan teknologi yang pesat harus dibarengi dengan peningkatan kualitas sumber daya manusia.

Pendidikan merupakan salah satu unsur penting yang dapat membantu menunjang peningkatan kualitas SDM. [1] Pandemi yang melanda dua tahun terakhir telah banyak mengubah situasi serta kondisi kehidupan saat ini. Dunia pendidikan merupakan suatu hal yang banyak mengalami perubahan, salah satu hal yang perlu diubah adalah pembelajaran. Pembelajaran jarak jauh/ daring adalah suatu alternatif proses pembelajaran yang sempat dilakukan. Namun proses pembelajaran jarak jauh yang tidak sesuai dan banyak mengalami kendala kembali memaksa dosen/pengajar untuk mengubah strategi pembelajaran, hal ini dilakukan semata agar capaian pembelajaran dapat tercapai. Kondisi di lapangan yang tidak selalu sesuai akhirnya mendorong pihak terkait untuk kembali melakukan perubahan sehingga dilakukannya perbaikan strategi pembelajaran [2].

Salah satu hal yang patut untuk disyukuri adalah perubahan zaman yang membawa perkembangan teknologi dan informasi. Perkembangan teknologi telah banyak membantu proses pembelajaran secara daring akibat pandemi. Perkembangan teknologi di dalam dunia pendidikan telah memicu adanya perubahan strategi pembelajaran yang lebih optimal dalam pengakomodasian informasi-informasi ilmu dan teknologi. Sistem yang digunakan dalam perbaikan strategi pembelajaran bukan lagi sistem yang lama (tatap muka dikelas) tetapi perubahan yang harus didukung kepada strategi pembelajaran modern yakni pemanfaatan teknologi dan informasi melalui literasi dari internet [3].

Model pembelajaran *hybrid* merupakan pendekatan yang sesuai untuk mengatasi masalah perbaikan strategi pembelajaran modern yang memanfaatkan kemajuan teknologi. Pembelajaran *hybrid* merupakan model pembelajaran yang memadukan inovasi dan perkembangan teknologi melalui sistem pembelajaran *online* dengan interaksi dan partisipasi model pembelajaran tradisional. Metode pembelajaran *hybrid* adalah gabungan antara metode pengajaran tatap muka dan proses pembelajaran *online* [4]. Dalam pelaksanaan pembelajaran *hybrid* mahasiswa diharuskan untuk belajar di dalam kelas secara langsung dan juga harus mengikuti pembelajaran secara *online*. Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan saat pelaksanaan pembelajaran *hybrid*, salah satunya adalah mengenai kondisi jaringan internet mahasiswa/ dosen. Mahasiswa juga dituntut untuk harus mencari informasi lebih giat dalam materi pembelajaran, mahasiswa harus memiliki rasa tanggung jawab perihal bagaimana akan memfasilitasi dirinya sendiri [5].

Disamping sisi positif dari sistem pembelajaran *hybrid*, ternyata juga memiliki sisi negatif contohnya di jurusan Matematika Universitas Bangka Belitung sendiri mengalami sedikit masalah dari sistem pembelajaran *hybrid* dalam memahami materi perkuliahan, terutama untuk mahasiswa jurusan Matematika angkatan 2020 yang saat itu berada di semester 4. Dimana awalnya mahasiswa dihadapkan dengan pembelajaran yang berinteraksi langsung dengan dosen, namun sekarang mahasiswa harus dituntut untuk melakukan sistem pembelajaran tatap muka dan virtual. Dari hal itu, mahasiswa Matematika sering mengalami kendala, seperti kurang memahami materi secara mendalam, susah konsisten dalam menggunakan metode belajar karena terkadang harus bergantung pada tatap muka dikelas dan terkadang harus tetap melakukan *zoom meeting*, susah fokus saat dikelas karena kelas tidak kondusif, mahasiswa tidak bisa fokus dalam perkuliahan karena mengerjakan pekerjaan yang lain saat pembelajaran virtual dan sinyal internet mahasiswa yang tidak selalu lancar saat *zoom meeting* yang mengakibatkan mahasiswa Matematika kurang fokus dalam memperhatikan materi pembelajaran yang dijelaskan dan akhirnya berdampak pada nilai indeks prestasi kumulatif (IPK) mahasiswa yang menurun. Menurut data IPK dari *website* perkuliahan salah satu mahasiswa Matematika angkatan 2020 yang saat itu berada di semester 4, yaitu nilai IPK pada awal semester 2 mendapatkan nilai 3,42, berlanjut ke IPK semester 3 yang masih menerapkan sistem pembelajaran *daring* mendapatkan IPK 3,43. Nilai tersebut mengalami kenaikan sebesar 0,01 poin dari semester sebelumnya. Lanjut ke semester 4 yang saat itu awal memasuki penerapan sistem pembelajaran *hybrid*, mahasiswa tersebut mendapatkan nilai IPK 3,24. Nilai tersebut mengalami penurunan sebesar 0,18 poin dari nilai IPK sebelumnya. Hal itu dipengaruhi dari nilai Indeks Prestasi Semester (IPS) mahasiswa tersebut yang mengalami penurunan yang drastis, yaitu nilai IPS semester 4 hanya mendapatkan nilai sebesar 2,68. Nilai tersebut mengalami penurunan sebesar 0,77 poin dari nilai IPS semester sebelumnya yaitu sebesar 3,45. Yang pastinya untuk mendapatkan nilai IPK yang lebih baik di semester berikutnya, mahasiswa tersebut harus terbiasa dengan sistem pembelajaran *hybrid* dan lebih fokus dalam memahami materi pembelajaran dengan baik.

Pemahaman berarti selama pembelajaran mahasiswa dapat memahami dengan baik semua materi yang dijelaskan. Dengan adanya pemahaman pada materi yang dijelaskan, maka akan berpengaruh terhadap

pengetahuan, keterampilan dan sikap mahasiswa. Sebagai bentuk pernyataan hasil belajar, pemahaman menjadi hal yang penting dalam sebuah pembelajaran. Akan hal itu, diperlukannya sistem pembelajaran yang baik dan benar agar bisa meningkatkan pemahaman mahasiswa. Perbaikan strategi pembelajaran ini kemudian mendorong munculnya ide penelitian untuk mengetahui dan menganalisis lebih jauh mengenai metode pembelajaran *hybrid*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah sistem pembelajaran *hybrid* dapat mempengaruhi pemahaman belajar mahasiswa Jurusan Matematika Universitas Bangka Belitung.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas mengenai pengaruh sistem pembelajaran *hybrid* terhadap tingkat pemahaman mahasiswa di Jurusan Matematika Universitas Bangka Belitung. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan bantuan *software statistics* untuk pengolahan data. Melalui penelitian ini, penulis dapat memodelkan hubungan antara sistem pembelajaran *hybrid* dengan tingkat pemahaman.

Jenis data yang digunakan adalah data primer. Sumber informasi utama penelitian ini diperoleh dari responden melalui penyebaran angket kepada mahasiswa Jurusan Matematika tahun angkatan 2019 sampai 2022 Universitas Bangka Belitung yang selaku subjek penelitian. Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah kuesioner. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan kuesioner atau survei tertutup yang jawabannya diberikan, sehingga responden tinggal memilih dan menjawab secara langsung. Kuesioner yang digunakan adalah pilihan ganda dan isian.

Tabel 1 Perangkat / Kuesioner

Variabel	Indikator	No Soal
Tingkat Pemahaman Sistem pembelajaran <i>Hybrid</i>	Pemahaman Mengenai Pembelajaran <i>Hybrid</i>	1-3 dan 14
	Diri Sendiri	4-10
	Dosen	11-12
	Metode Pembelajaran	13 dan 15-22
	Materi Perkuliahan	23
	Lingkungan	24-26
	Alat Pendukung/Fasilitas Perkuliahan	27

Tabel 2 Evaluasi Alternatif Dalam Kuesioner

Alternatif pilihan	Skor
Sangat setuju/sangat sering	Lima
Setuju/sering	Empat
Cukup setuju/cukup sering	Tiga
Tidak setuju/tidak sering	Dua
Sangat tidak setuju/sangat tidak sering	Satu

Teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis pengaruh sistem *hybrid learning* dengan kriteria pengambilan sampel terhadap tingkat pemahaman mahasiswa adalah analisis metode regresi linear berganda. Analisis regresi linear berganda mengukur pengaruh lebih dari satu variabel bebas (sistem pembelajaran *hybrid*) terhadap variabel terikat (tingkat pemahaman mahasiswa). Sebelum melakukan analisis regresi linier berganda, diharuskan terlebih dahulu untuk melakukan uji validitas data, uji reliabilitas data dan uji kenormalan data. Setelah data dikatakan valid, reliabel dan normal, selanjutnya dilakukan uji asumsi klasik meliputi uji multikolinearitas dan uji heterokedastiditas. Jika tidak terdapat gejala multikolinearitas dan heterokedastisitas, maka langkah selanjutnya bisa melakukan uji regresi linier berganda. Dalam analisis regresi linier berganda, pengambilan keputusan didasarkan pada nilai T hitung dan F hitung dari hasil pengolahan data menggunakan *software statistik*. Nilai T hitung digunakan untuk mengetahui hubungan secara parsial antar indikator variabel independen terhadap

variabel dependen. Sedangkan nilai F hitung digunakan untuk mengetahui hubungan secara simultan antar setiap indikator variabel independent terhadap variabel dependen.

Analisis regresi linier berganda dengan kriteria pengujian sebagai berikut : Jika nilai T hitung < T tabel, maka variabel independen tersebut tidak terdapat pengaruh secara parsial terhadap variabel dependen. Begitupun sebaliknya. Jika nilai F hitung < F tabel, maka variabel independen tersebut tidak terdapat pengaruh secara simultan terhadap variabel dependen. Begitu juga sebaliknya.

Metode analisis regresi linear berganda dengan persamaan sebagai berikut [6] :

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e \quad (1)$$

Keterangan:

- Y : tingkat pemahaman mahasiswa
 α : konstanta
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: koefisien regresi linear berganda
 X_1, X_2, \dots, X_n :
e : koefisien *estimate*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan persamaan rumus slovin, jumlah mahasiswa yang dijadikan sampel sebanyak 109 mahasiswa. Angket dibagikan antara tanggal 17-22 November 2022 kepada mahasiswa yang menjadi sampel penelitian hingga tujuan yang telah ditetapkan tercapai. Angket tersebut mempunyai indikator pertanyaan untuk variabel bebas (sistem pembelajaran *hybrid*) dan variabel terikat (tingkat pemahaman).

3.1. Uji Validitas

Tabel 3 Hasil Uji Validitas Setiap Item Variabel

Indikator	r hitung	r tabel	Keterangan
X1	0,440	0,1882	Valid
X2	0,575	0,1882	Valid
X3	0,344	0,1882	Valid
X4	0,561	0,1882	Valid
X5	0,312	0,1882	Valid
X6	0,595	0,1882	Valid
X7	0,515	0,1882	Valid
X8	0,541	0,1882	Valid
X9	0,665	0,1882	Valid
X10	0,527	0,1882	Valid
X11	0,430	0,1882	Valid
X12	0,555	0,1882	Valid
X13	0,300	0,1882	Valid
X14	0,509	0,1882	Valid
X15	0,484	0,1882	Valid
X16	0,405	0,1882	Valid
X17	0,500	0,1882	Valid
Y	0,511	0,1882	Valid

Hasil uji validitas yang diberikan pada tabel diatas, terdapat 18 pertanyaan kuesioner yang berisi 2 variabel yang diisi oleh 109 responden dalam penelitian ini. Salah satu cara untuk mengetahui kuesioner mana yang valid dan mana yang tidak valid. Pertama harus mencari tahu r_{tabel} . Rumus r_{tabel} adalah $df = N - 2$ yaitu $109 - 2 = 107$, jadi $r_{tabel} = 0,1882$. Dari hasil perhitungan validitas yang diberikan pada tabel diatas terlihat bahwa terdapat 18 pertanyaan kuesioner yang $r_{hitung} > r_{tabel}$ yang dinyatakan valid. Sebanyak 18 pertanyaan kuesioner dinyatakan valid karena r_{hitung} lebih dari r_{tabel}

sehingga ke-18 pertanyaan kuesioner dinyatakan valid.

3.2. Uji Reliabilitas

Tabel 4 Output Uji Reliabilitas

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.803	18

Tabel hasil diperoleh *N of Items* ada 18 buah item yang *Cronbach's Alpha* = 0,803. Menurut Wiratna Sujarweni (2014), suatu penelitian dikatakan reliabel apabila *Cronbach's Alpha* > 0,60. Karena nilai *Cronbach's Alpha* = 0,803 > 0,60 menjadi dasar pengambilan keputusan pada uji reliabilitas diatas, maka dapat disimpulkan bahwa 18 atau seluruh pertanyaan pada variabel "Sistem Pembelajaran Hybrid" adalah reliabel atau konsisten.

3.3. Uji Normalitas

Tabel 5 Output Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	
N	Unstandardized Residual
Normal Parameters ^{a,b}	Mean
	Std. Deviation
Most Extreme Differences	Absolute
	Positive
	Negative
Test Statistic	
Asymp. Sig. (2-tailed)	

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Berdasarkan tabel 5 uji normalitas yang dilakukan dengan metode Kolmogrov-Smirnov dengan nilai signifikan yaitu $0,200 > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah normal.

3.4. Uji Asumsi klasik

3.4.1. Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan atau korelasi antar variabel independen. Ada atau tidaknya suatu model regresi dapat dilihat dari VIF (*Variance Inflation Factor*) dan *tolerance*. Regresi bebas dari multikolinearitas apabila nilai VIF < 10 dan nilai *tolerance* > 0,10.

H_0 : tidak terdapat korelasi antar variabel independen

H_1 : terdapat korelasi antara variabel independen

Berikut hasil uji multikolinearitas :

Tabel 6 Output Uji Multikolinearitas

		Coefficients ^a				Collinearity Statistics		
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients				
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	,898	,624		1,438	,153		
	Diri Sendiri	,003	,028	,010	,097	,923	,659	1,518

Dosen	,184	,091	,198	2,012	,047	,791	1,264
Metode Pembelajaran	,051	,034	,180	1,481	,142	,522	1,916
Materi Perkuliahan	,076	,097	,078	,786	,434	,781	1,281
Lingkungan	,059	,065	,091	,897	,372	,748	1,338
Fasilitas	,120	,084	,137	1,432	,155	,843	1,186

a. Dependent Variable: Y

Berdasarkan tabel 6 diatas terlihat semua variabel memperoleh nilai toleransi > 0,10 dan nilai VIF < 10, sehingga pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model regresi tidak terdapat multikolinearitas.

3.4.2. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk mengetahui terdapat atau tidaknya persamaan atau perbedaan varians dalam suatu model regresi dari residual suatu pengamatan ke pengamatan yang lain. Uji heteroskedastisitas menggunakan metode Spearman dengan nilai signifikansi > 0.05 dan kriteria pengujian sebagai berikut:

H_0 : tidak tersedia gejala heterokedastisitas (Sig. > 0,05)

H_1 : tersedia gejala heterokedastisitas (Sig. < 0,05)

Tabel 7 Output *Correlation* Uji Heteroskedastisitas

		Coefficients ^a				
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	,592	,376		1,575	,118
	Diri Sendiri	-,011	,017	-,082	-,674	,502
	Dosen	-,015	,055	-,030	-,269	,788
	Metode Pembelajaran	,008	,021	,055	,407	,685
	Materi Perkuliahan	,023	,058	,044	,399	,691
	Lingkungan	,013	,039	,037	,327	,744
	Fasilitas	-,024	,050	-,052	-,485	,629

Hasil uji heteroskedastisitas pada tabel 7 diketahui seluruh nilai signifikansi simpangan nilai linearitas keempat variabel > 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil menerima H_0 dan menolak H_1 yang berarti tidak tersedia gejala heteroskedastisitas dan seluruh variabel dapat dipakai untuk analisis regresi.

3.5. Uji Regresi Linear Berganda

Kemudian dilakukan uji regresi linier untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variabel sistem pembelajaran *hybrid* terhadap variabel tingkat pemahaman mahasiswa. Berikut hasil penelitian dan persamaan uji regresi linier :

Tabel 8 Output Uji T Dan Persamaan Uji Regresi Linier

Model	Koefisien	T Tabel	T Hitung
<i>Constant</i>	0,592	1,98238	1,575
Diri Sendiri (X1)	-0,011	1,98238	-0,674
Dosen (X2)	-0,015	1,98238	-0,269
Metode Pembelajaran (X3)	0,008	1,98238	0,407
Materi Perkuliahan (X4)	0,023	1,98238	0,399
Lingkungan (X5)	0,013	1,98238	0,327
Fasilitas (X6)	-0,024	1,98238	-0,485

Sehingga didapat persamaan regresi linier yaitu $Y = 0,592 - 0,011X_1 - 0,015X_2 + 0,008X_3 + 0,023X_4 + 0,013X_5 - 0,024X_6 + e$. Berdasarkan Tabel 4.6.1 tidak ada nilai T hitung pada X1, X2, X3, X4, X5, dan X6 > T tabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa. Selanjutnya didapat juga nilai *Constant* (α) yaitu 0,592 berarti nilai konsisten tingkat pemahaman mahasiswa sebesar 5,92%.

Tabel 9 Koefisien Determinasi (R^2)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,464 ^a	,215	,169	,711

a. Predictors: (Constant), Fasilitas Perkuliahan, Dosen, Lingkungan, Materi Perkuliahan, Diri Sendiri, Metode Pembelajaran

Untuk memperoleh persentase perubahan variabel dependen (Y) yang disebabkan oleh variabel independen (X) dapat menggunakan nilai koefisien determinasi. Berdasarkan tabel 9 diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu $0,215 = 21,5\%$. Hal ini berarti indikator dari sistem pembelajaran *hybrid*, yaitu diri sendiri (X1), dosen (X2), metode pembelajaran (X3), materi perkuliahan (X4), lingkungan (X5) dan fasilitas perkuliahan (X6) secara berbarengan berpengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa (Y) sebesar 21,5%. Sedangkan sisanya 78,5% dilibatkan oleh variabel lainnya yang berada di luar model regresi.

Tabel 10 Output Uji F

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14,135	6	2,356	4,663	,000 ^b
	Residual	51,535	102	,505		
	Total	65,670	108			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), Fasilitas Perkuliahan, Dosen, Lingkungan, Materi Perkuliahan, Diri Sendiri, Metode Pembelajaran

Tabel 10 terlihat bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $4,663 > 3,93$ dan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$. Ini berarti bahwa sistem pembelajaran *hybrid* (X) dengan indikator diri sendiri (X1), dosen (X2), metode pembelajaran (X3), materi perkuliahan (X4), lingkungan (X5) dan fasilitas perkuliahan (X6) secara berbarengan memberi pengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa (Y).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil diperoleh bahwa variabel sistem pembelajaran *hybrid* dikelompokkan menjadi beberapa variabel yaitu variabel diri sendiri, dosen, metode pembelajaran, materi perkuliahan, lingkungan, dan fasilitas. Hasil analisis regresi linier berganda diperoleh beberapa variabel sistem pembelajaran *hybrid* memiliki nilai $T_{hitung} < T_{tabel}$ yang berarti bahwa secara parsial variabel diri sendiri, dosen, metode pembelajaran, materi perkuliahan, lingkungan, dan fasilitas tidak berpengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa Matematika Universitas Bangka Belitung. Tetapi jika dilihat dari nilai $F_{hitung} (4,633) > F_{tabel} (3,93)$, ternyata secara simultan atau bersama-sama dari setiap variabel sistem pembelajaran *hybrid* memiliki pengaruh terhadap tingkat pemahaman mahasiswa Matematika Universitas Bangka Belitung. Dengan tingkat kepercayaan sebesar 21,5 %, sedangkan sisanya 78,5% dilibatkan oleh variabel lainnya yang berada di luar penelitian ini. Jika dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penelitian ini. Anda kemungkinan dapat menambah jumlah sampel, mengubah data ke data terbaru atau dengan menggunakan metode penelitian lain misalnya metode regresi data panel.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Metodologi Penelitian Jurusan Matematika tahun ajaran 2021/2022 yang telah membantu dalam pembimbingan pembuatan artikel ini dan terima kasih juga kepada pihak-pihak lain yang telah membantu memperoleh data penelitian khususnya kepada seluruh mahasiswa jurusan matematika angkatan 2019 sampai 2022 Universitas Bangka Belitung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Sunaryo, Y. Nuraida, and I. Dan Zakiah, "Pengaruh Model Pembelajaran *Hybrid* Tipe Traditional Class-Real Workshop terhadap Kemampuan Pemahaman Matematik Ditinjau dari Self-Confidence Siswa", *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, vol. 2, no. 2, pp. 93–100, 2018.
- [2] J. R. Gultom, D. Sundara, and M. D. Fatwara, "Pembelajaran *Hybrid* Learning Model Sebagai Strategi Optimalisasi Sistem Pembelajaran Di Era Pandemi Covid-19 Pada Perguruan Tinggi Di Jakarta", *Mediastima*, vol. 28, no. 1, pp. 11–22, Apr. 2022.
- [3] F. Ginting, E. Buulolo, and E. R. Siagian, "Implementasi Algoritma Regresi Linear Sederhana Dalam Memprediksi Besaran Pendapatan Daerah (Studi Kasus: Dinas Pendapatan Kab. Deli Serdang)", *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, Nov, 2019.
- [4] H. Hendrayati and B. Pamungkas, "Implementasi Model *Hybrid* Learning Pada Proses Pembelajaran Mata Kuliah Statistika II di Prodi Manajemen FPEB UPI", *Jurnal Penelitian Pendidikan*, vol. 13, No. 2, pp. 181–184, 2017.
- [5] H. Basri, "Pemodelan Regresi Berganda Untuk Data Dalam Studi Kecerdasan Emosional", *Didaktika Jurnal Kependidikan*, vol. 12, no. 2, pp. 103–116, 2018.
- [6] I. Muthahharah and I. Fatwa, "Analisis Regresi Linear Berganda Untuk Media Pembelajaran Daring Terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa di STKIP Pembangunan," *Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya*, vol. 10, no. 1, pp. 53–60, 2022.
- [7] B. Adithia, "Perkuliahan *Hybrid*, kelebihan dan kekurangan," umn.ac.id, <https://www.umn.ac.id/perkuliahan-hybrid-kelebihan-dan-kekurangannya/#:~:text=Hybrid%20learning%20adalah%20metode%20pembelajaran,bertatap%20muka%20langsung%20di%20kelas> (accessed Nov. 30, 2022).
- [8] N. Oktifa, "Metode Pembelajaran *Hybrid* Learning," akupintar.id, <https://akupintar.id/info-pintar/-/blogs/metode-pembelajaran-hybrid-learning> (accessed Nov. 30, 2022).

- [9] F. Amirul Huda, “Pengertian pemahaman,” fatkhan.web.id, <https://fatkhan.web.id/pengertian-pemahaman/> (accessed Nov. 30, 2022).
- [10] J. Bisnis, D. Pemasaran, and B. Oscar, “Pengaruh Grooming Pada Customer Relations Coordinator (CRC) Terhadap Kepuasan Pelanggan di PT Astra international TBK Toyota Sales Operation (Auto2000) Pasteur Bandung,” *Jurnal Bisnis dan Pemasaran*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [11] S. Simangunsong and J. Panjaitan, “Pengaruh Model *Hybrid Learning* Terhadap Level Kognitif Pada Mata Kuliah Fisika Dasar,” *Jurnal Penelitian Fisikawan*, vol. 5, pp. 39–46, 2022.