

## **SPATIAL AUTOREGRESSIVE QUANTILE REGRESSION PADA KASUS TUBERKULOSIS DI KOTA BANDUNG**

### *Spatial Autoregressive Quantile Regression of Tuberculosis Cases in Bandung*

Hasrat Ifolala Zebua\*, Geni Andalria Harefa\*\*

\*Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Nias, E-mail: [hasratifolalazebua@gmail.com](mailto:hasratifolalazebua@gmail.com)

\*\* BPS Kabupaten Nias

#### **ABSTRAK**

Bakteri *mycobacterium tuberculosis* merupakan sumber dari penyakit menular tuberkulosis. Kota Bandung merupakan ibukota Provinsi Jawa Barat yang memiliki penyebaran kasus tuberkulosis yang cukup tinggi di Jawa Barat selain Kota Bogor. Salah satu model spasial yang dapat digunakan untuk memodelkan kasus tuberkulosis adalah model *Spatial Autoregressive* (SAR). Model SAR merupakan model regresi dimana terdapat dependensi spasial pada variabel respon, namun faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kasus tuberkulosis mungkin saja memiliki pengaruh yang berbeda pada wilayah dengan risiko penularan yang tinggi dibandingkan dengan wilayah dengan risiko penularan yang rendah. Dalam penelitian ini, dilakukan kombinasi antara SAR dan Quantile Regression (QR) untuk memodelkan angka kasus tuberkulosis di Kota Bandung. Estimasi parameter model SAR-QR menggunakan *quantile objective function* dengan *instrumental variable quantile regression* (IVQR). Asumsi regresi klasik seluruhnya terpenuhi dan nilai dari Indeks Moran signifikan yang berarti terdapat autokorelasi spasial positif. Hasil Uji LM menunjukkan terdapat ketergantungan spasial *lag* namun tidak terdapat ketergantungan spasial *error* sehingga penggunaan model SAR lebih tepat dibandingkan model lain. Hasil estimasi model SAR-QR menunjukkan hasil yang berbeda pada kuantil yang berbeda. Pada kuantil 0,1 variabel kepadatan penduduk dan pada kuantil 0,5 variabel rumah sehat signifikan mempengaruhi dan pada kuantil 0,75 dan 0,9 variabel sanitasi dan rumah sehat yang signifikan mempengaruhi sementara pada kuantil 0,25 tidak ada variabel yang mempengaruhi kasus tuberkulosis di Kota Bandung.

Kata kunci: Tuberkulosis, SAR, Kuantil, SAR-QR

#### **ABSTRACT**

*The Mycobacterium tuberculosis bacteria is the source of the infectious tuberculosis. In addition to Bogor City, Bandung, the capital of West Java Province, has a high incidence of tuberculosis cases. One of the spatial models that can be used is the Spatial Autoregressive (SAR) model. The SAR model is a regression model in which there is a spatial dependency on the response variable, but the factors that are considered to influence tuberculosis cases may have a different effect on areas with a high risk of transmission compared to areas with a low risk of transmission. Therefore, in this study, a combination of SAR and Quantile Regression (QR) was carried out to model the number of tuberculosis cases in Bandung. Parameter estimation of the SAR-QR model uses the quantile objective function with the instrumental variable quantile regression (IVQR). The assumptions of classical regression are all fulfilled and the value of the Moran's I is significant, which means there is a positive spatial autocorrelation. The results of the LM test show that there is a spatial lag dependence but there is no spatial error dependence so that the use of the SAR model is more appropriate than other models. The estimation results of the SAR-QR model show different results at different quantiles. In the 0.1 quantile, the population density variable and in the 0.5 quantile, the healthy house variable have a significant effect, and in the 0.75 and 0.9 quantiles, the sanitation and healthy house variables have a significant effect, while in the 0.25 quantile, there is no variable that affects tuberculosis cases in Bandung.*

Keywords: tuberculosis, SAR, Quantile, SAR-QR

## I. PENDAHULUAN

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dalam Laporan Global Tuberculosis mencatat Indonesia sebagai negara yang menempati posisi kedua dengan kasus kematian penderita tuberculosis tertinggi setelah India (WHO, 2022). Penyebab tingginya kasus kematian disebabkan jumlah kasus yang masih sangat banyak namun hanya sedikit yang ditemukan, diobati, dan dilaporkan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia mencatat masih ada sekitar 52 persen kasus tuberculosis yang belum ditemukan atau telah ditemukan namun belum dilaporkan (Kemenkes RI, 2022).

Provinsi Jawa Barat merupakan daerah dengan jumlah kasus tuberculosis paling tinggi di Indonesia. Kasus tuberculosis di Provinsi Jawa Barat tahun 2021 ada 85.681 kasus dilaporkan dari sebanyak 301.682 kasus yang terduga dimana sebelumnya tahun 2020 tercatat sebesar 248.896 kasus (Dinkes Jabar, 2022). Kota Bandung sebagai sebagai pusat pemerintahan Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu wilayah penyebaran kasus tuberculosis yang tinggi di Jawa Barat selain Kota Bogor.

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* merupakan sumber dari penyakit menular tuberculosis. Penyakit ini menular dari percikan air liur (*droplet nuclei*) seseorang dengan Basil Tahan Asam positif (BTA positif) yang sedang batuk atau bersin (Kemenkes RI, 2022). Pasien tuberculosis dengan BTA yang negatif tetap juga dapat menularkan meskipun meskipun dengan tingkat penularan yang kecil. Penularan terjadi ketika udara yang bercampur dengan percikan air liur tersebut terhirup oleh orang lain.

Langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan dapat dilakukan dengan mengendalikan aspek-aspek yang mempengaruhi terjadinya kasus tuberculosis. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya angka kasus tuberculosis antara lain kepadatan penduduk, sanitasi layak, dan rumah sehat. Penelitian Inggar Putri (2023) dkk menunjukkan adanya pengaruh dari kepadatan penduduk terhadap penyebaran kasus tuberculosis di Kabupaten Bekasi. Hal ini dikarenakan orang yang tinggal di daerah padat lebih berpeluang berinteraksi dengan penderita tuberculosis. Selanjutnya hasil penelitian Mariana (2020) dkk menunjukkan adanya pengaruh dari sanitasi yang buruk terhadap peningkatan kasus tuberculosis pada pasien di wilayah kerja Puskesmas Kota Palembang. Sanitasi yang tidak layak menyebabkan mudahnya berkembangnya bakteri termasuk bakteri penyebab tuberculosis. Penelitian Fikri (2021) dkk di wilayah kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur menemukan bahwa terdapat hubungan antara variabel rumah yang sehat dengan kejadian tuberculosis. Hal ini disebabkan tidak lancarnya sirkulasi udara yang terjadi dalam rumah sehingga patogen dapat bertahan lama dalam udara rumah, yang nantinya akan menjadi sumber penularan penyakit salah satunya penyakit tuberculosis.

Biasanya instrumen analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara satu atau lebih variabel prediktor dengan variabel respon adalah analisis regresi berganda, namun jika unit pengamatan merupakan kabupaten/kota seringkali terjadi dependensi spasial sehingga analisis regresi klasik tidak akurat untuk digunakan (Anselin, 1988). Salah satu alat analisis spasial yang dapat mengakomodir keberadaan dependensi spasial adalah model *Spatial Autoregressive (SAR)*. Model ini dapat mengakomodir terjadinya dependensi spasial pada variabel respon (Su & Yang, 2007). Salah satu penelitian dari Zebua & Jaya (2022) menggunakan model SAR dalam penelitian terkait kasus tuberkulosis untuk melihat pengaruh *lag* spasial terhadap kasus tuberkulosis di Provinsi Jawa Tengah.

Faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kasus tuberkulosis mungkin memiliki pengaruh yang berbeda pada wilayah dengan risiko penularan yang tinggi dibandingkan dengan wilayah dengan risiko penularan yang rendah. Untuk dapat mengakomodir hal tersebut diperlukan suatu model yang dapat melihat pengaruh yang berbeda pada wilayah dengan tingkat risiko yang berbeda. *Quantile Regression (QR)* adalah alat analisis yang dapat digunakan untuk memodelkan data dengan level yang berbeda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan kombinasi antara SAR dan QR untuk memodelkan angka kasus tuberkulosis di Kota Bandung yang dapat mengakomodir aspek spasial serta perbedaan risiko antar wilayah risiko tinggi dan rendah sehingga dapat diketahui faktor penyebab yang berpengaruh terhadap angka tuberkulosis di Kota Bandung.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tuberkulosis**

Tuberkulosis merupakan sebuah infeksi yang disebabkan oleh bakteri *mycobacterium tuberculosis* yang menyerang paru-paru dan saluran napas. Tuberkulosis termasuk penyakit yang dapat menular melalui udara, di mana bakteri ini masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan dan kemudian menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah, sistem limfatik, bronkus, atau penyebaran langsung ke organ lain (Widyanto & Triwibowo, 2013). Bakteri tuberkulosis menular melalui udara saat penderita batuk atau bersin. Bakteri ini bisa bertahan di udara selama beberapa jam.

Padatnya lingkungan serta pemukiman penduduk akan mempermudah proses penularan kasus tuberkulosis sehingga berperan dalam peningkatan jumlah kasus. Kondisi lingkungan dan sanitasi yang tidak layak turut serta berperan dalam mempengaruhi imunitas seseorang sehingga akan mempermudah perkembangbiakan bakteri di dalam tubuh. Hal tersebut juga dapat menjadi faktor yang menentukan peningkatan jumlah kasus tuberkulosis.

### **2.2 Regresi Kuantil**

Regresi kuantil merupakan regresi yang dilakukan pada berbagai nilai kuantil, dimana

regresi ini merupakan perluasan dari regresi median (kuantil 0,5). Hubungan antar variabel pada regresi kuantil dapat dijelaskan tidak hanya pada ukuran pemusatan data (mean dan median) namun juga dapat pada berbagai kuantil sehingga informasi yang diperoleh terkait hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dapat lebih banyak berdasarkan level kuartilnya yang dinotasikan dengan  $\tau \in [0,1]$ . Regresi kuantil adalah salah satu teknik analisis bersifat *robust* terhadap *outlier* (Koenker & Basset, 1978).

Pada model regresi linear (*mean regression*) diasumsikan  $E(\varepsilon) = 0$ , sehingga  $E(y|X) = X\beta$ , sementara pada regresi kuantil  $q_\tau(\varepsilon) = 0$ , sehingga dapat dituliskan:

$$q_\tau(y|X) = X\beta_\tau \tag{1}$$

Koefisien  $\beta$  pada persamaan (1) diatas dapat diestimasi dengan meminimumkan *quantile objective function* yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - X_i^T \beta) \tag{2}$$

Dengan  $\sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - X_i^T \beta)$  yang merupakan  $L_1$ - *loss function* dan  $\rho_\tau(\cdot)$  dikatakan sebagai *check function*. Fungsi objektif pada persamaan (2) di atas bersifat *non differentiable* sehingga Koenker dan Bassett (1978) merekomendasikan untuk menggunakan *linear programming problem* (LP-*problem*) untuk memperoleh nilai taksiran dari koefisien regresi kuantil.

### 2.3 Spatial Autoregressive (SAR)

Hukum awal dalam geografi menyatakan bahwa segala sesuatu berinteraksi satu sama lain, tetapi sesuatu yang berdekatan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan sesuatu yang terpaut jauh (Tobler, 1970). Model *Spatial Autoregressive* (SAR) merupakan salah satu model spasial ekonometrik yang paling populer. Model SAR dapat mengakomodir adanya ketergantungan spasial yang terjadi pada variabel terikat. Fenomena ketergantungan spasial menunjukkan nilai observasi pada suatu lokasi akan sangat bergantung dengan nilai observasi tetangganya (*neighbour*) yang mengakibatkan terjadi autokorelasi spasial.

Model SAR merupakan kombinasi dari regresi linier dengan lag spasial dari variabel respon. Secara umum Model SAR dapat dituliskan sebagai berikut (Jaya & Andriyana, 2020):

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon; \quad \varepsilon \sim MVN(0, \sigma_\varepsilon^2 I_n) \tag{3}$$

Dimana:

- y : variabel respon
- $\rho$  : koefisien *autoregressive*
- W : *spatial weight matrix*
- $\beta$  : *intercept* dan koefisien regresi
- X : prediktor
- $\varepsilon$  : *error*

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Data dan Variabel

Pada penelitian ini data diperoleh dari penerbitan Profil Kesehatan Kota Bandung Tahun 2021. Unit observasi yang digunakan yaitu sebanyak 30 kecamatan yang ada di Kota Bandung dengan variabel penelitian yang tercantum dalam Tabel 1:

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

NamaVariabel		Sumber Data
$Y$	<i>Incident rate</i> kasus tuberkulosis	Publikasi Profil Kesehatan Kota Bandung
$X_1$	Kepadatan penduduk	
$X_2$	Sanitasi Layak	
$X_3$	Rumah sehat	

#### 3.2 Uji Autokorelasi Spasial

Salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan autokorelasi spasial antara lokasi pengamatan adalah Indeks Moran (*Moran's I*). Matriks bobot spasial adalah matriks yang digunakan untuk menghitung Indeks Moran. Matriks ini mengilustrasikan koneksi antar daerah dan diperoleh berdasarkan data perbandingan jarak, persinggungan atau fenomena lain yang relevan. Pada penelitian ini digunakan matriks bobot spasial dengan menggunakan *queen contiguity* dimana kecamatan yang memiliki persinggungan baik sisi maupun sudut dengan kecamatan lain dianggap sebagai kecamatan yang saling bertetangga. Nilai Indeks moran dengan matriks pembobot spasial dapat dituliskan pada persamaan berikut (Jaya & Andriyana, 2020):

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \underline{x})(x_j - \underline{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})^2} \quad (4)$$

Dimana:

- $n$  : banyaknya lokasi
- $\underline{x}$  : rata-rata dari semua lokasi
- $x_i$  : nilai lokasi ke- $i$
- $x_j$  : nilai lokasi ke- $j$
- $w_{ij}$  : elemen matriks bobot spasial antara lokasi  $i$  dan  $j$

Indeks moran memiliki rentang nilai dari -1 sampai 1. Jika Indeks Moran berada pada rentang nilai  $-1$  hingga  $0$ , menandakan adanya autokorelasi spasial yang negatif, sedangkan apabila nilai indeks moran berada pada kisaran  $0$  hingga  $1$ , mengindikasikan adanya keterkaitan spasial positif. Jika nilai indeks moran adalah nol, menandakan bahwa tidak ada keterkaitan spasial dalam data tersebut.

Parameter Indeks Moran dapat diuji untuk mengetahui apakah autokorelasi yang terjadi berarti atau tidak. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : I = 0$$

$$H_1 : I \neq 0$$

Dengan statistik uji sebagai berikut:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (5)$$

Dengan  $E(I) = -\frac{1}{(n-1)}$  dan  $Var(I)$  ditaksir dengan tiga pendekatan yaitu, *monte carlo*, asumsi distribusi normal, dan permutasi.

### 3.3 Uji Lagrange Multiplier (LM)

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan untuk memperoleh informasi apakah terdapat ketergantungan spasial. Terdapat dua jenis uji LM yang telah dikembangkan yaitu ketergantungan spasial dari variabel dependen dan ketergantungan *error* spasial. Statistik uji LM pada ketergantungan spasial (LM-Lag) dari variabel dependen adalah sebagai berikut (Djara & Jaya, 2021):

$$LM_{LAG} = \frac{[(e^T W_A y)/(e^T e/n)]^2}{[(W_A X \hat{\beta})^2 M(W_A X \hat{\beta})/(e^T e/n)] + [tr(W_A^T W_A + W_A^2)]} \sim \chi^2_{(1-\alpha); df=1} \quad (6)$$

Jika skor statistik uji melebihi skor *chi-square* (tolak  $H_0$ ) maka model yang dibuat adalah model *Spatial Autoregressive* (SAR). Statistik uji LM untuk ketergantungan eror spasial (LM-Error) dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$LM_{ERR} = \frac{[(e^T W_A e)/(e^T e/n)]^2}{tr(W_A^T W_A + W_A^2)} \sim \chi^2_{(1-\alpha); df=1} \quad (7)$$

Jika skor statistik uji melebihi skor *chi-square* (tolak  $H_0$ ) maka model yang dibuat adalah *Spatial Error Model* (SEM). Sedangkan jika nilai LM-Lag dan LM-Error signifikan keduanya maka dapat dipilih model terbaik dengan melakukan perbandingan *Akaike Information Criterion* (AIC), model dengan nilai AIC lebih kecil merupakan model terbaik.

### 3.4 Spatial Autoregressive Quantile Regression

Model *Spatial Autoregressive Quantile Regression* (SAR-QR) merupakan model *Spatial Autoregressive* (SAR) yang mengakomodir terjadinya beberapa level kuantil dalam model. Model SAR-QR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q_\tau(y|X) = \rho_\tau W y + X \beta_\tau \quad (8)$$

Dimana:

**y** : vektor kolom variabel respon ( $n \times 1$ )

$\rho_\tau$  : koefisien autoregressive spasial lag pada kuartil ke- $\tau$

**W** : matriks bobot spasial ( $n \times n$ )

**X** : matriks dari variabel prediktor ( $n \times (k + 1)$ )

$\beta_\tau$  : vektor dari koefisien regresi pada kuantil ke- $\tau$  ( $(k + 1) \times 1$ )

$n$  : banyaknya observasi, dimana  $i = 1, 2, \dots, n$

Persamaan tersebut mengandung endogenitas sehingga untuk estimasi parameternya menggunakan *quantile objective function* dengan *instrumental variable quantile regression* (IVQR) (Chernozhukov & Hansen, 2006).

**IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN**

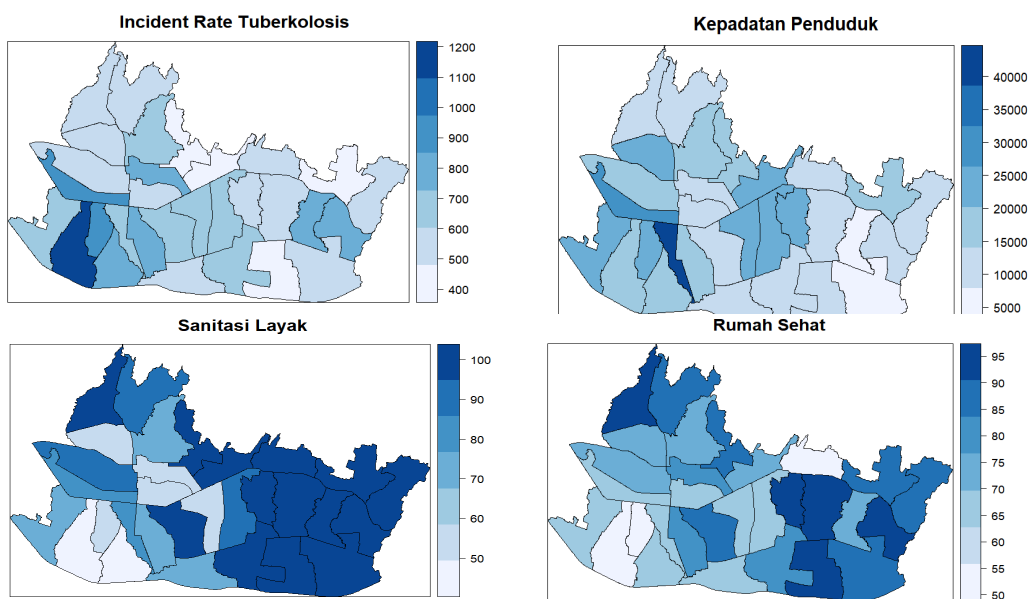
Data mengenai banyaknya kasus tuberkulosis di dapat dari semua sarana pelayanan medis yang beroperasi di daerah Kota Bandung. Angka *Case Notification Rate* (CNR) tuberkulosis di Kota Bandung adalah 346/100.000 penduduk yang berarti terdapat 346 kejadian tuberkulosis yang diobati dan dilaporkan di antara 100.000 populasi di Kota Bandung (Dinkes Bandung, 2022). Adapun hasil statistik deskriptif dari variabel penelitian tercantum dalam Tabel berikut:

**Tabel 2.** Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Min	Max	Mean	Median	SD
<i>Incident Rate</i> tuberkulosis ( $Y$ )	410,5	1164,7	646,0	609,4	171,4253
Kepadatan Penduduk ( $X_1$ )	4396	42073	16409	14225	7771,568
Sanitasi( $X_2$ )	44,18	100,00	82,63	92,04	20,50347
Rumah Sehat ( $X_3$ )	51,84	94,42	76,09	74,06	12,19873

Berdasarkan Tabel 2 yang disajikan menunjukkan bahwa rata-rata *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung tahun 2021 adalah 646,0 dengan median sebesar 609,4. *Incident rate* tuberkulosis terendah berada di Kecamatan Cibeunying Kidul yaitu sebesar 410,5 sedangkan *incident rate* tuberkulosis tertinggi berada di Kecamatan Babakan Ciparay yaitu sebesar 1.164,7.

Peta sebaran dari masing-masing variabel penelitian tercantum dalam Gambar 1:



**Gambar 1.** Peta Sebaran Variabel Penelitian

Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa daerah barat daya Kota Bandung memiliki nilai *incident rate* tuberkulosis yang tinggi, sementara wilayah utaranya memiliki nilai *incident rate* tuberkulosis yang rendah. Demikian halnya dengan kepadatan penduduk dimana penduduk pada area tengah Kota Bandung memiliki kepadatan penduduk yang cukup padat. Untuk sanitasi layak dan persentase rumah sehat cenderung lebih tinggi pada wilayah-wilayah Kota Bandung di bagian timur.

Sebelum melakukan pemodelan dengan menggunakan SAR-QR peneliti terlebih dahulu melakukan pengujian asumsi regresi klasik pada data dan juga pengujian ketergantungan spasial menggunakan Indeks Moran. Hasil pengujian tercantum dalam Tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Hasil Uji Asumsi Klasik dan Indeks Moran

<b>Statistic test</b>	<b><i>p-value</i></b>
Normalitas (Shapiro-Wilk)	0.2781
Nonautokorelasi (Durbin-Watson)	0.6669
Nonmultikolinieritas (VIF)	1.235391 (X1); 1.676275 (X2); 1.899821(X3)
Homoskedastisitas (Breusch-pagan)	0.3219
Indeks Moran	0.001371 (I= 0.29743)

Tabel 3 menunjukkan bahwa semua asumsi dalam regresi linier berganda telah terpenuhi. Hasil nilai Indeks Moran menggunakan matriks bobot spasial berdasarkan *queen contiguity* terhadap jumlah kasus tuberkulosis di Kota Bandung adalah 0.29743 dengan *p-value* lebih kecil dari 0,05 (menolak  $H_0$ ) yang berarti terdapat autokorelasi spasial positif. Daerah dengan kasus tuberkulosis tinggi berada disekitar daerah dengan jumlah kasus yang tinggi pula, dan daerah dengan kasus tuberkulosis rendah akan berada disekitar daerah yang rendah pula.

Selanjutnya dilakukan uji untuk memilih model spasial melalui uji *Lagrange Multiplier* (LM). Uji LM digunakan untuk mendapatkan ketergantungan spasial secara lebih rinci apakah ketergantungan pada suatu variabel respon (*lag*), ketergantungan pada variabel lain yang tidak diteliti (*error*), atau keduanya (*lag dan error*). Hasil uji LM tercantum dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Uji *Lagrange Multiplier* (LM)

<b>Model</b>	<b>LM-test</b>	<b><i>p-value</i></b>
SAR	$LM_{LAG}$	0,04647
SEM	$LM_{ERR}$	0,06158

Dari Tabel 4 terlihat bahwa ketergantungan spasial pada *lag* signifikan sementara ketergantungan spasial pada *error* tidak signifikan jika dilihat dari nilai *p-value* nya. Sehingga, Model SAR akan diaplikasikan pada penelitian ini karena ketergantungan spasial pada *lag* signifikan.

Selanjutnya dilakukan estimasi parameter untuk SAR-QR. Berdasarkan Andriyana (2015), dalam regresi kuantil, dapat menggunakan berbagai tingkat kuantil dimana akan diperoleh garis regresi sesuai dengan jumlah kuantil yang diperlukan. Dalam penelitian ini, akan ditampilkan 5 tingkat kuantil, yaitu 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, dan 0.9. Hasil pemodelan dari masing-masing kuantil tercantum dalam Tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,1

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.92340	0.78840	1.17123	0.24150
Intersep	492.349	168.605	2.92013	0.00349
$X_1$	4.67602	2.35083	1.98909	0.04669
$X_2$	-0.44498	1.05877	-0.42028	0.67428
$X_3$	-3.21396	2.72114	-1.18110	0.23756

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,1 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Kepadatan Penduduk karena nilai *p-value* yang kurang dari *alpha* (0,05). Nilai koefisien regresi menunjukkan bahwa jika semakin tinggi kepadatan penduduk pada suatu wilayah maka *incident rate* kasus tuberkulosisnya akan semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Suryani & Ibad (2022) yang menyatakan bahwa peluang seseorang beresiko terkena tuberkulosis pada hunian padat adalah 4,8 kali lebih besar dibandingkan dengan hunian yang tidak padat. Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,1 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,1} = (X) = 0,9234Wy + 492,349 + 4,67602x_1 - 0,44498x_2 - 3,21396x_3$$

Tabel 6. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,25

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	1.02000	0.33146	3.07729	0.00208
Intersep	747.324	399.494	1.87067	0.06138
$X_1$	0.21559	0.12447	1.73206	0.08326
$X_2$	-0.77842	2.64080	-0.29476	0.76817
$X_3$	-2.83043	2.84222	-0.99585	0.31932

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,25 tidak ada faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis karena nilai *p-value* yang lebih besar dari *alpha* (0,05). Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,25 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,25} = (X) = 1,02Wy + 747,324 + 0,21559x_1 - 0,77842x_2 - 2,83043x_3$$

**Tabel 7.** Hasil Estimasi pada Kuantil 0,5

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.63100	0.21848	2.88813	0.00387
Intersep	546.363	1164.46	-0.46919	0.63892
$X_1$	-0.00101	5.31287	-0.19014	0.84919
$X_2$	-1.67107	4.76604	-0.35062	0.72587
$X_3$	-2.29426	1.05944	-2.16554	0.03034

Berdasarkan Tabel 7, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,5 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Rumah Sehat karena nilai *p-value* yang kurang dari alpha (0,05). Hal ini sejalan dengan penelitian Fahreza, Waluyo, & Novitasari (2012) yang menyatakan bahwa kejadian BTA positif lebih banyak terjadi pada rumah tidak sehat dibandingkan dengan pada kondisi rumah sehat. Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,5 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,5} = (X) = 0,631Wy + 546,363 - 0,00101x_1 - 1,67107x_2 - 2,29426x_3$$

**Tabel 8.** Hasil Estimasi pada Kuantil 0,75

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.79660	0.95035	0.83821	0.40190
Intersep	781.805	615.033	1.27115	0.20367
$X_1$	-0.00293	0.00300	-0.97666	0.32873
$X_2$	-4.83478	2.03877	-2.37142	0.01771
$X_3$	-1.16505	0.53113	-2.19353	0.02826

Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,75 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Sanitasi dan Rumah Sehat karena nilai *p-value* yang kurang dari alpha (0,05). Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,75 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,75} = (X) = 0,7966Wy + 718,805 - 0,00293x_1 - 4,83478x_2 - 1,16505x_3$$

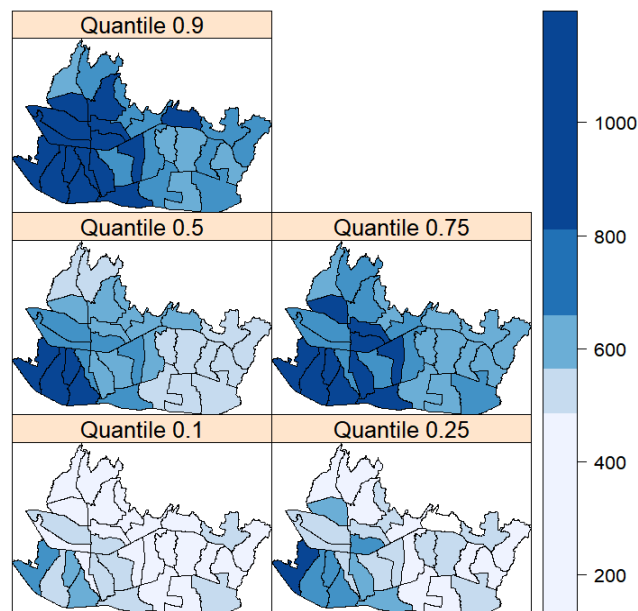
**Tabel 9.** Hasil Estimasi pada Kuantil 0,9

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.68320	0.18809	3.63230	0.00028
Intersep	1116.28	673.659	1.65704	0.09751
$X_1$	-3.42250	1.82276	-1.87764	0.06042
$X_2$	-2.92612	0.82096	-3.56426	0.00036
$X_3$	-5.85427	1.88092	-3.11245	0.00185

Berdasarkan Tabel 9, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,9 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Sanitasi dan Rumah Sehat karena nilai *p-value* yang kurang dari alpha (0,05). Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,9 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,9} = (X) = 0,6832Wy + 1116.28 - 3.42250x_1 - 2.92612x_2 - 5.85427x_3$$

Tabel 5 sampai Tabel 9 memperlihatkan bahwa faktor-faktor yang berdampak penting berbeda pada tiap kuantil yang mengakibatkan model pada tiap kuantil berlainan. Hasil estimasi tingkat kejadian tuberkulosis menggunakan *Spatial Autoregressive Quantile Model* digambarkan dalam peta untuk mengamati pola penyebaran penyakit demam dengue di Kota Bandung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini:



**Gambar 2.** Peta Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue di Kota Bandung

## V. KESIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN, DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dan diskusi yang telah didapatkan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pemodelan kasus tuberculosis ditemukan bahwa terdapat autokorelasi positif pada variabel respon dan berdasarkan uji LM diketahui bahwa model SAR merupakan model spasial terbaik yang dapat digunakan. Selain itu untuk mengetahui perbedaan risiko maka dilakukan penggabungan SAR dan QR dalam melakukan pemodelan kasus tuberculosis pada penelitian ini. Koefisien lag spasial signifikan pada kuantil 0,25, 0,5, dan 0,9 yang berarti terdapat autokorelasi spasial kasus tuberculosis pada kuantil 0,25, 0,5, dan 0,9.
2. Hasil estimasi model SAR-QR menunjukkan menunjukkan hasil yang berbeda pada kuantil yang berbeda. Pada kuantil 0,1 variabel kepadatan penduduk dan pada kuantil 0,5 variabel rumah sehat signifikan mempengaruhi dan pada kuantil 0,75 dan 0,9 variabel sanitasi dan rumah sehat yang signifikan mempengaruhi sementara pada kuantil 0,25 tidak ada variabel yang mempengaruhi kasus tuberculosis di Kota Bandung.

Rekomendasi yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah penting untuk melihat apakah terdapat autokorelasi spasial dalam variabel prediktor sehingga dapat menggunakan model yang lebih mutakhir dan perlu untuk menambah variabel prediktor guna untuk mengetahui faktor lain yang berpengaruh terhadap kasus tuberculosis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyana, Y. (2015). P-Splines Quantile Regression in Varying Coefficient Models. *Disertasi*.
- Anselin, L. (1988). *Methods and Models. Spasial Econometrics*. . London: Kluwer Academic Publisher.
- Bandung, D. (2022). *Profil Kesehatan Kota Bandung Tahun 2021*. Bandung: Dinas Kesehatan Kota Bandung.
- Chernozhukov, V., & Hansen, C. (2006, June). Instrumental Quantile Regression Inference for Structural and Treatment Effect Models. *Journal of Econometrics*, 132(2), 491-525. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.009>
- Djara, V. A., & Jaya, I. G. (2021). The spatial econometrics of stunting toddlers in Nusa Tenggara Timur Province 2019. *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*. doi:<https://doi.org/10.28919/cmbn/6584>
- Fahreza, E. U., Waluyo, H., & Novitasari, A. (2012). Hubungan antara Kualitas Fisik Rumah dan Kejadian Tuberculosis Paru dengan Basil Tahan Asam positif di Balai Kesehatan Paru Masyarakat Semarabf. *Jurnal Kedokteran Muhammadiyah*, 1(1).
- Fikri, Z., Samudra, W. B., Kurnia, A. D., Masruroh, N. L., & Melizza, N. (2021). Hubungan Status Rumah Sehat Dengan Kejadian Tuberculosis di Wilayah Kecamatan Campurdarat. *Indonesian Health Science Journal*, 1(2).
- Inggartputri, Y. R., Trihandini, I., Novitasari, P. D., & Makful, R. (2023). Spatial analysis of tuberculosis cases diffusion based on population density in Bekasi Regency in based on population density in Bekasi Regency in. *BKM Public Health & Community Medicine*, 39(1), e6462. doi:10.22146/bkm.v39i1.6462
- Jabar, D. (2022). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Barat*. Bandung: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Jaya, I. G., & Andriyana, Y. (2020). *Analisis Data Spasial Perspektif Bayesian*. Sumedang: Alqaprint Jatinangor.
- Koenker, R., & Basset, J. (1978). Regression Quantile. *Econometrica*, 46(1), 33-50.
- Mariana, Novita, E., Pariyana, Haryani, A. M., & Trikurnia, R. (2020). Analysis of Personal Hygiene, Household Sanitation Status of Lungs Tuberculosis Nutrition. *Majalah*

- Kedokteran Sriwijaya*, 52(1).
- RI, K. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2021*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Su, L., & Yang, Z. (2007). *Instrumental Variable Quantile Estimation of Spatial*. Singapore: Singapore Management University, School of Economics.
- Suryani, F. T., & Ibad, M. (2022). Analisis Faktor Kepadatan Penduduk, Cakupan Rumah Sehat, dan Sanitasi Rumah Tangga terhadap Kejadian Tuberkulosis Tahun 2018. *Jurnal Sosial dan Sains*, 2(10), 2774-700X.
- Tobler, W. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in The Detroit. 46, 236-240.
- WHO. (2022). *Global Tuberculosis Report 2022*. Geneva: World Health Organization.
- Widyanto, F. C., & Triwibowo, C. (2013). *Trend Disease*. Jakarta: Trans Info Media.
- Zebua, H. I., & Jaya, I. G. (2022). Spatial Autoregressive Model of Tuberculosis Cases in Central Java Province 2019. *Cauchy: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 7(2), 240-248. doi:10.18860/ca.v7i2.13451

# **PENGARUH *GREEN FINANCE* TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI**

## ***The Effect of Green Finance on Economic Growth***

Dewi Mahrani Rangkyu\*, Rusiadi\*\*, Zuraidah\*\*\*

\*Universitas Pembangunan Panca Budi

\*\* Universitas Pembangunan Panca Budi, *E-mail*: rusiadi@dosen.pancabudi.ac.id

\*\*\* Universitas Pembangunan Panca Budi

### **ABSTRAK**

Konsep *green finance* berkaitan dengan krisis sosial, ekonomi, serta area dalam salah satu strategis global. Penelitian ini bertujuan mendapatkan pengaruh *green finance* terhadap pemulihan ekonomi di sebagian negara (Brazil, Rusia, India, Indonesia, Jepang dan China). Analisis data memakai model simultan dengan pendekatan TSLS. Penelitian ini menghasilkan adanya emisi CO<sub>2</sub> tidak mempengaruhi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto. Konsumsi energi, investasi hijau, serta *green finance* mempengaruhi signifikan terhadap produk domestik bruto. Selain itu, *green credit* mempengaruhi signifikan terhadap *green finance*. *Renewable energy* dan produk domestik bruto tidak mempengaruhi secara nyata terhadap *green finance*.

Kata kunci: Konsumsi energi, *Green Credit*, *Green Finance*, Pertumbuhan Ekonomi

### **ABSTRACT**

*The concept of green finance is related to social, economic, and strategic areas. This study aims to obtain the influence of green finance on economic recovery in several countries (Brazil, Russia, India, Indonesia, Japan and China). Data analysis uses a simultaneous model with a TSLS approach. The result shows that CO<sub>2</sub> emissions do not significantly affect Gross Domestic Product. Energy consumption, green investment, and green finance have a significant impact on Gross Domestic Product. Furthermore, green credit has a significant influence on green finance. Renewable energy and Gross Domestic Product do not significantly affect green finance.*

*Keywords: Consumption Energy, Green Credit, Green Finance, Economic Growth*

## **I. PENDAHULUAN**

Pemerintah mengaplikasikan bermacam kebijakan selaku reaksi terhadap krisis penyebaran Covid-19 pada penduduk seluruh dunia buat kurangi akibat sosial, serta ekonomi serta pengelola biaya kesehatan penduduk. Butuh lebih dari satu abad diperlukan buat menanggulangi pandemi sesegera mungkin yang berakibat terhadap krisis ekonomi di dunia terbesar karena pembatasan mobilitas serta aksi kesehatan masyarakat yang lain. Depresiasi 1930-an, krisis utang mencuat 1980-an, krisis pada keuangan global 2007-2009 diperparah penyusutan permintaan sebab pandemi COVID-19 mempengaruhi perilaku konsumen. Aktivitas ekonomi menghadapi kontraksi 2020 di  $\pm 90\%$  negara, melebihi negara yang menghadapi penyusutan sepanjang perang dunia.

Pemerintah telah menerapkan rreaksi kebijakan yang cepat dan merata dengan memakai

campuran kebijakan zona fiskal serta moneter buat menghalangi akibat krisis rumah tangga dan usaha. Pelaksanaan reaksi regulasi tegas dengan memakai bermacam instrumen kebijakan guna kurangi akibat langsung yang terburuk dari krisis, banyak negara telah diterapkan reaksi darurat secara masif terhadap gelombang awal pandemi. Terjadi penurunan income per kapita dunia tahun 2020, adanya pemulihan 40% di negara-negara maju, sehingga naiknya output 2021, berakibat resesi ekonomi pandemi COVID-19 lebih persisten serta buruk bagi negara berkembang (IMF, 2021).

Pemulihan tentang kehilangan pekerjaan, pemasukan, aset manusia, serta kekayaan dibutuhkan pelaksanaan peraturan dengan benar, pencapaian “pemulihan yang adil” yaitu mencakup warga serba kekurangan, wanita serta pedagang. CoronaVirus 19 ketimpangan telah meningkat seluruh dunia. Menjaga lingkungan ekonomi berkelanjutan untuk kesejahteraan generasi sekarang, mendatang, fokus pada aktivitas ekonomi menciptakan produk, lapangan kerja, ini perlu menjadi perhatian para regulator. Menjaga keseimbangan antara meningkatkan kesejahteraan rakyat, menopang ekonomi nasional adalah tujuan dari ekonomi hijau. Konsep ekonomi hijau perlu mendukung kesejahteraan pemerataan operator dan untuk memastikan bahwa memiliki kesempatan untuk lebih mengembangkan ekonomi nasional.

Pemerintah perlu menerapkan prinsip ekonomi hijau pada proses pelaksanaan untuk mewujudkan proses pembangunan mikro dan makro. Secara geopolitik, perkembangan ekonomi di kawasan Asia-Pasifik diperkirakan akan melambat menjadi 4,2% pada tahun 2022, turun pada poin 0,7 persentase dari sebelumnya April, perlambatan output agregat 6,5% di 2021. Diperkirakan akan tumbuh 4,6% pada tahun 2023 (Srinivasan, 2022).

Meningkatnya kerentanan kawasan atas perubahan kondisi keuangan dunia yang dapat menyebabkan kenaikan utang global Asia meningkat 25% sebelum krisis 38% pasca COVID-19. Selain itu, ketidakpastian perdagangan yang meningkat dan gangguan rantai pasokan memperlambat pemulihan mengganggu sistem manufaktur global, penerima manfaat terbesar pendalaman perdagangan bebas dalam beberapa dekade. Ini alasan kecenderungan perpecahan ekonomi.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **Pertumbuhan Ekonomi**

Peningkatan kesejahteraan masyarakat, dalam perkembangan ekonomi sebagai indikator utama yang mempengaruhi. Menurut (Palmer, 2012) pertumbuhan pada barang dan jasa terwujud pada pembangunan ekonomi sehingga berdampak bagi kesejahteraan masyarakat. (Arka, 2021) pertumbuhan ekonomi mampu meminimalkan efek berbahaya aktivitas ekonomi terhadap lingkungan sebagai upaya meningkatkan pendapatan nasional (Bank, 2012).

Kuznet (1871) menyimpulkan pertumbuhan ekonomi sebagai perubahan jangka panjang

yang terus menerus atas manfaat ekonomi. Perubahan ke arah positif terhadap kemajuan teknologi, sumber daya dan kapasitas ke arah kemajuan. Terdapat makna penting yang bisa disimpulkan, dimana pertumbuhan ekonomi dapat dilihat dari naiknya pasokan barang dan jasa secara konsisten. Kemajuan teknologi yang cepat mampu mendukung naiknya berbagai sumber daya secara ekonomi. Kelembagaan nilai tambah akibat kemajuan teknologi harus mampu didukung dan diberdayakan dalam kegiatan ekonomi (Suryana, 2000). Peneliti terdahulu mencoba mengukur pertumbuhan hijau menyeluruh, mengidentifikasi indikator yang menyusunnya. Tahun 2016 Konsep *Green Growth Knowledge Platform* terhadap potensi SDA didukung dengan berbagai efisiensi, efektivitas dan penurunan resiko dalam kegiatan ekonomi yang meningkatkan partisipasi masyarakat.

Tahun 2014 UNESCO *for Asia and the Pacific* menghasilkan simpulan terhadap peningkatan pemerataan, akses SDA, perubahan struktural, investasi modal alam, keefisiensi, dan batasan planet sebagai indikator yang berpengaruh untuk mempertimbangkan pertumbuhan ekonomi yang inklusif. Ekonomi hijau diperkenalkan dalam studi Pierce (1984), Marcandia, Barbier. "*Blueprint for a Green Economy*". *Green economy* sebagai cerminan aktivitas ekonomi yang terkait mulai promosi sampai pada konsumsi masyarakat, sehingga meningkatkan sumber daya dan kesejahteraan penduduk dalam jangka panjang dan bersifat sustainable. Masyarakat sekarang mempertimbangkan kerusakan lingkungan alam dari kegiatan produksi, dan ada tingkat interaksi yang tinggi antara ekonomi dan lingkungan.

Ekonomi hijau berasal dari kata *ecological economy* dari bahasa Spanyol dan menjadi "*green economy*". Pada akhir tahun 2008, UNEP menyatakan konsep ekonomi hijau sebagai mekanisme operasional yang komprehensif dan praktis untuk mempromosikan sektor ekonomi dengan adanya dukungan investasi sektor hijau sehingga mendapatkan pembangunan ekonomi yang memiliki basis hijau dari segala aspek, baik pembiayaan, pendanaan dan investasi.

### **Teori *Green Finance***

Munculnya industri Keuangan Hijau dalam beberapa tahun terakhir telah disertai dengan upaya untuk mempromosikan kehidupan berkelanjutan dan menurunkan adanya emisi gas berasal dari rumah kaca. Efek rumah kaca disebabkan oleh emisi karbon monoksida dari industri. Diperkirakan jika kita tidak menganggap serius planet kita, beberapa dekade mendatang akan semakin membuat planet ini tidak seimbang, menyebabkan bencana ekologis dan ekonomi. Keuangan hijau sebagai konsep dalam keuangan berisiko tinggi yang digunakan mempromosikan investasi berisiko tinggi dan pertumbuhan jangka panjang dalam produk dan layanan keuangan. Fokus utama bidang keuangan hijau adalah penggunaan pembiayaan untuk proyek atau proyek konstruksi yang lebih ramah lingkungan..

Perserikatan Bangsa-Bangsa sudah lama menganggap konsep keuangan hijau berorientasi pada arus kas serta berkepanjangan. Sebagian negara maju sudah menampilkan keseriusannya

dalam kurangi emisi serta polusi, serta mengembangkan pembiayaan *Green Finance*. Peran utama *green finance* buat perkembangan berkepanjangan ialah :

a. Menghijaukan Sistem Perbankan

Konsep perbankan hijau harus bekerja sama dengan bank dan mempertimbangkan aspek lingkungan dalam portofolio pinjaman. Hal ini berdampak pada penetapan harga dan perbandingan dampak lingkungan, yang dapat meningkatkan biaya pinjaman untuk bisnis yang sangat polutif.

b. Menghijaukan Pasar Obligasi

Obligasi hijau, biasa disebut sebagai obligasi hijau, adalah jenis utang yang digunakan untuk mendanai proyek-proyek lingkungan. Dengan menawarkan opsi pembiayaan hijau alternatif selain pinjaman bank dan pembiayaan ekuitas, pasar obligasi hijau menguntungkan inisiatif hijau serta investor. Bank Pembangunan Asia menerbitkan obligasi hijau di Asia untuk masalah termasuk konservasi energi, transportasi ramah lingkungan, dan kota hijau.

c. Menghijaukan Investor Berasal dari Institusional

Investor yang berasal dari institusional sangat mendukung investasi hijau, dimana portofolio investasi memungkinkan hasil yang ramah lingkungan dan pembangunan hijau.

### **Permasalahan Ekonomi dan Multilateral**

Berbeda dengan krisis tahun 2008, guncangan ini berasal dari sumber yang tidak terkait dengan sistem keuangan. Langkah-langkah penghematan pemerintah dan pandemi COVID-19 secara tiba-tiba menghentikan sektor riil menekan sistem finansial, menyebabkan krisis likuiditas parah. Langkah-langkah politik belum terlihat untuk mengatasi krisis, menstabilkan kondisi pasar diikuti setelah acara tersebut. Dalam situasi seperti ini, sebagai tanggapan terhadap risiko terhadap stabilitas keuangan dan ketidakpastian ekonomi, regulator terus memberi dukungan berkesinambungan finansial, memastikan bahwa arus keuangan terus mengalir ke sektor riil.

Selama tiga tahun terakhir, sistem keuangan global telah mengalami transformasi besar sebagai akibat dari pandemi COVID-19. Beberapa faktor mempengaruhi struktur dan operasi sistem keuangan global, termasuk perubahan teknologi, pertumbuhan lembaga keuangan non-bank, reformasi regulasi dan penyesuaian berbasis pasar setelah krisis keuangan tahun 2008. Namun, pengalaman pandemi menunjukkan betapa berbedanya keberlangsungan sektor keuangan. Pada saat yang sama, inti sistem keuangan mampu menahan dan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh pandemi COVID-19, masalah prosiklikalitas sistem finansial perlu dipertimbangkan.

### **III. METODE PENELITIAN**

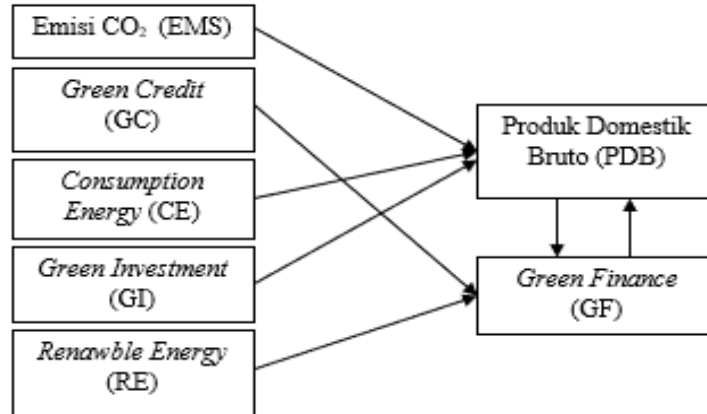
Penelitian ini memiliki pendekatan kuantitatif secara empiris. Objek penelitian fokus di 6 negara (Brazil, Rusia, India, Indonesia, Jepang dan China) yaitu negara penghasil Emisi CO<sub>2</sub> terbesar di dunia serta negara dengan tingkat konsumsi energi tertinggi. Oleh karena itu, ingin

diketahui bagaimana perubahan yang akan terjadi apabila menerapkan konsep *green economy* untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta ingin mengubah kualitas lingkungan di negara tersebut. Data *time series* bersumber dari *World Bank* (Bank Dunia) mulai tahun 2005 sampai dengan 2021.

Model persamaan simultan dalam penelitian ini, yaitu :

$$\text{Log(PDB)} = C(10)+C(11)*\text{log(EMS)}+C(12)*\text{log(CE)}+C(13)*\text{log(GI)}+C(14)*\text{log(GF)}+\varepsilon_1$$

$$\text{Log(GF)} = C(20)+C(21)*\text{log(GC)}+C(22)*\text{log(RE)}+C(23)*\text{log(PDB)}+\varepsilon_2$$



**Gambar 1.** Kerangka Konseptual

Untuk setiap variabel dalam penelitian ini dijabarkan dalam tabel berikut:

**Tabel 1.** Uji Identifikasi Model Persamaan Simultan

No.	Variabel	Definisi Operasional
1.	Emisi CO <sub>2</sub>	Nilai <i>CO2 emissions (metrics tons per capita)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %
2.	<i>Green credit</i>	Nilai <i>domestic credit provided by financial sector (% of GDP)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %
3.	<i>Consumption energy</i>	Nilai <i>energy use (kg of oil equivalent per capita)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %
4.	<i>Green investment</i>	Nilai <i>investment in energy with private participation (current US\$)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %
5.	<i>Renewable energy</i>	Nilai <i>renewable energy consump. (% of total final energy consump.)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %
6.	<i>Green finance</i>	Nilai <i>firms using banks to finance working capital (% of firms)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %
7.	Produk Domestik Bruto	Nilai <i>Gross Domestic Product (constant 2015 US\$)</i> di negara BRIIJC dalam satuan %

Sumber: Penulis

Dan berdasarkan formula, diperoleh hasil uji identifikasi sebagai berikut:

**Tabel 2.** Uji Identifikasi Model Persamaan Simultan

Persamaan	K	K-M		G-1	Keputusan
I	5	2	>	1	<i>Over Identified</i>
II	4	3	>	1	<i>Over Identified</i>

Sumber: Penulis

Uji simultan mensyaratkan persamaan harus menghasilkan asumsi *over identified* sehingga analisis persamaan simultan dapat dilanjutkan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Model Persamaan Simultan

Estimasi untuk menentukan variabel yang saling mempengaruhi pada kedua persamaan dilakukan pemodelan dengan *Two Stage Least Square (TSLS)* berikut ini :

**Tabel 3.** Output Model TSLS

	<b>Coefficient</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
C(10)	-28.97926	-0.750758	0.4536
C(11)	2.547805	0.873977	0.3831
C(12)	2.768705	1.027199	0.3055
C(13)	0.130133	2.660574	0.0084
C(14)	7.725406	0.208841	0.0348
R-squared	0.271275		
	<b>Coefficient</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
C(20)	191105.9	2.856774	0.0047
C(21)	0.762634	9.818478	0.0000
C(22)	0.030845	0.418625	0.6759
C(23)	947.8153	0.857144	0.3923
R-squared	0.432471		

Sumber: Data olahan

Setelah analisis menggunakan program Eviews, menghasilkan output persamaan keduanya sebagai berikut :

##### Persamaan 1

$$PDB = -28.97926 + 2.547805 * EMS + 2.768705 * CE + 0.130133 * GI + 7.725406 * GF + \epsilon_1$$

Nilai estimasi  $R^2 = 0,271275$  menunjukkan hasil adanya variabel EMS, CE, GI dan *Green Finance* mampu menjelaskan PDB sebesar 27,12% dan lainnya 72,88% parameter PDB diluar model tidak masuk dalam persamaan ini dan tidak diteliti sebagai faktor eksternal. Hasil analisis simultan menyimpulkan bahwa parameter yang dominan bervariasi terhadap PDB yaitu *Green Investment* dan *Green Finance*, kemudian parameter GI mampu bervariasi terhadap parameter

PDB dan GF. Sedangkan EMS dan CE tidak signifikan dalam mengubah parameter PDB sehingga tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap PDB.

## **Persamaan 2**

$$GF = 191105,9 + 0,76 * GC + 0,03 * RE + 94,78 * PDB + \epsilon_2$$

Berdasarkan hasil estimasi tersebut di atas, dapat ditunjukkan bahwa  $R^2 = 0,432471$ , yang menunjukkan bahwa variabel GC, RE, dan GDP dapat menjelaskan *Green Finance* masing-masing sebesar 43,24% dan sisanya 56,76% faktor-faktor lain selain yang diprediksi oleh model. Satu variabel dianggap memiliki dampak besar terhadap keuangan hijau berdasarkan hasil yang diproyeksikan, khususnya kredit hijau, yang memiliki nilai prob  $0.0000 <$  nilai alpha sebesar 5%. Keuangan hijau secara signifikan dipengaruhi oleh GC namun RE dan PDB tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap *Green Finance*.

## **Pembahasan**

1. Emisi CO<sub>2</sub>, *Consumption Energy*, *Green Investment* dan *Green Finance* terhadap PDB di Negara BRIJC

EMS berpengaruh positif namun tidak signifikan terhadap PDB. Nilai koefisien variabel EMS sebesar 2,55 berarti bahwa setiap kenaikan terhadap EMS sebesar 1% meningkatkan PDB 2,55%. Jika nilai EMS meningkat sebesar 1% cenderung tidak signifikan mengubah kenaikan PDB di negara-negara BRIJC. CE mempunyai ikatan positif namun tidak signifikan terhadap PDB. Nilai koefisien CE positif sebesar 2,77 memiliki makna tiap kenaikan CE sebesar 1% hingga PDB naik sebesar 2,77%. Jika CE meningkat sebesar 1% cenderung tidak signifikan mengubah kenaikan PDB di negara-negara BRIJC. GI memiliki ikatan positif serta signifikan terhadap PDB. Nilai koefisien variabel GI menunjukkan tanda positif, adalah sebesar 0,1 berarti parameter GI naik 1% mampu meningkatkan PDB menjadi 0,13%. Jika GI berubah naik 1% maka cenderung signifikan mengubah kenaikan PDB di negara-negara BRIJC. GF memiliki ikatan positif serta signifikan terhadap PDB. Nilai koefisien variabel GF menunjukkan tanda positif sebesar 7,73 menyimpulkan jika tiap kenaikan GF 1%, PDB menjadi naik 7,73%. Jika GF meningkat sebesar 1% maka cenderung signifikan mengubah kenaikan PDB di negara-negara BRIJC.

2. *Green Credit*, *Renewable Energy* dan PDB terhadap *Green Finance* di Negara BRIJC.

*Green Credit* memiliki pengaruh positif serta signifikan terhadap GF. Nilai koefisien variabel GC menunjukkan tanda positif sebesar 0,76 memiliki makna bahwa setiap kenaikan terhadap GC sebesar 1% signifikan meningkatkan perubahan GF sebesar 0,76% di negara-negara BRIJC. *Renewable Energy* memiliki pengaruh positif namun tidak signifikan pada GF. Nilai koefisien variabel RE menunjukkan tanda positif sebesar 0,03 memiliki makna bahwa setiap kenaikan RE sebesar 1% tidak signifikan meningkatkan perubahan GF di negara-negara BRIJC. PDB memiliki pengaruh positif namun tidak signifikan pada GF. Nilai koefisien PDB

menunjukkan tanda positif sebesar 947,82 memiliki makna bahwa setiap kenaikan terhadap PDB sebesar 1%, GF mengalami peningkatan sebesar 947,82%. Jika PDB bertambah sebesar 1% tidak signifikan meningkatkan perubahan GF di negara-negara BRIIC.

## V. KESIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN DAN REKOMENDASI

Emisi CO<sub>2</sub> menunjukkan pengaruh positif namun tidak signifikan mempengaruhi PDB. *Consumption energy* positif signifikan mempengaruhi PDB. *Green investment* serta *green finance* mempunyai ikatan positif signifikan mempengaruhi PDB di negara BRIIC (Brazil, Rusia, India, Indonesia, Jepang dan China). *Green credit* mempunyai ikatan positif signifikan mempengaruhi *green finance*. *Renewable energy* dan PDB mempunyai ikatan positif namun tidak signifikan mempengaruhi *green finance* di negara BRIIC (Brazil, Rusia, India, Indonesia, Jepang serta China). Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi pada pemerintah dalam negeri melalui Bank Indonesia selaku otoritas moneter dapat mencermati indikator *green finance* dalam upaya perubahan peningkatan ekonomi negara domestik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acheampong, A. O. (2018). Economic growth, CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption: What causes what and where? *Energy Economics*, 74, 677–692. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.022>
- Adamowicz, M. (2022). *Support for Attaining the Sustainable Development Goals*. <https://doi.org/10.3390/su14105901>
- Adedoyin, F. F., Bekun, F. V., Driha, O. M., & Balsalobre-Lorente, D. (2020). The effects of air transportation, energy, ICT and FDI on economic growth in the industry 4.0 era: Evidence from the United States. *Technological Forecasting and Social Change*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120297>
- Ali, A., Audi, M., & Roussel, Y. (2021). Natural resources depletion, renewable energy consumption and environmental degradation: A comparative analysis of developed and developing world. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 251–260. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11008>
- Asiyah, S. (2017). Penerapan prinsip ekonomi hijau (green economy) dalam pengendalian kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di Provinsi Kalimantan Tengah. *Skripsi, IAIN Palangkaraya*. <http://digilib.iain-palangkaraya.ac.id/id/eprint/1229>
- Atif Nawaz, M., Azam, A., & Bhatti, M. A. (2019). Natural Resources Depletion and Economic Growth: Evidence from ASEAN Countries. *Pakistan Journal of Economic Studies (PJES)*, 2(2), 155–172. <https://journals.iub.edu.pk/index.php/pjes>
- Barchielli, B., Cricenti, C., Gallè, F., Sabella, E. A., Liguori, F., Da Molin, G., Liguori, G., Orsi, G. B., Giannini, A. M., Ferracuti, S., & Napoli, C. (2022). Climate Changes, Natural Resources Depletion, COVID-19 Pandemic, and Russian-Ukrainian War: What Is the Impact on Habits Change and Mental Health? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191911929>
- Bhattacharyya, R. (2021). Green finance for energy transition, climate action and sustainable development: overview of concepts, applications, implementation and challenges. *Green Finance*, 4(1), 1–35. <https://doi.org/10.3934/GF.2022001>
- Droste, N., Hansjürgens, B., Kuikman, P., Otter, N., Antikainen, R., Leskinen, P., Pitkänen, K., Saikku, L., Loiseau, E., & Thomsen, M. (2016). Steering innovations towards a green economy: Understanding government intervention. *Journal of Cleaner Production*, 135, 426–434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.123>

- Falcone, P. M. (2020). Peraturan lingkungan dan investasi hijau: peran keuangan hijau. In *Int. J. Ekonomi Hijau* (Vol. 14, Issue 2). [www.onlinedoctranslator.com](http://www.onlinedoctranslator.com)
- Faruque, M. O., Rabby, M. A. J., Hossain, M. A., Islam, M. R., Rashid, M. M. U., & Muyeen, S. M. (2022). A comparative analysis to forecast carbon dioxide emissions. *Energy Reports*, 8, 8046–8060. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.025>
- Fu, W., & Irfan, M. (2022). Does Green Financing Develop a Cleaner Environment for Environmental Sustainability: Empirical Insights From Association of Southeast Asian Nations Economies. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.904768>
- goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). Konsep Green Economy dan Kebijakan Low Carbon Green Growth Korea Selatan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Acheampong, A. O. (2018). Economic growth, CO2 emissions and energy consumption: What causes what and where? *Energy Economics*, 74, 677–692. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.022>
- Adamowicz, M. (2022). *Support for Attaining the Sustainable Development Goals*. <https://doi.org/10.3390/su14105901>
- Adedoyin, F. F., Bekun, F. V., Driha, O. M., & Balsalobre-Lorente, D. (2020). The effects of air transportation, energy, ICT and FDI on economic growth in the industry 4.0 era: Evidence from the United States. *Technological Forecasting and Social Change*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120297>
- Ali, A., Audi, M., & Roussel, Y. (2021). Natural resources depletion, renewable energy consumption and environmental degradation: A comparative analysis of developed and developing world. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 251–260. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11008>
- Asiyah, S. (2017). Penerapan prinsip ekonomi hijau (green economy) dalam pengendalian kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di Provinsi Kalimantan Tengah. *Skripsi, IAIN Palangkaraya*. <http://digilib.iain-palangkaraya.ac.id/id/eprint/1229>
- Atif Nawaz, M., Azam, A., & Bhatti, M. A. (2019). Natural Resources Depletion and Economic Growth: Evidence from ASEAN Countries. *Pakistan Journal of Economic Studies (PJES)*, 2(2), 155–172. <https://journals.iub.edu.pk/index.php/pjes>
- Barchielli, B., Cricenti, C., Gallè, F., Sabella, E. A., Liguori, F., Da Molin, G., Liguori, G., Orsi, G. B., Giannini, A. M., Ferracuti, S., & Napoli, C. (2022). Climate Changes, Natural Resources Depletion, COVID-19 Pandemic, and Russian-Ukrainian War: What Is the Impact on Habits Change and Mental Health? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191911929>
- Bhattacharyya, R. (2021). Green finance for energy transition, climate action and sustainable development: overview of concepts, applications, implementation and challenges. *Green Finance*, 4(1), 1–35. <https://doi.org/10.3934/GF.2022001>
- Droste, N., Hansjürgens, B., Kuikman, P., Otter, N., Antikainen, R., Leskinen, P., Pitkänen, K., Saikku, L., Loiseau, E., & Thomsen, M. (2016). Steering innovations towards a green economy: Understanding government intervention. *Journal of Cleaner Production*, 135, 426–434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.123>
- Falcone, P. M. (2020). Peraturan lingkungan dan investasi hijau: peran keuangan hijau. In *Int. J. Ekonomi Hijau* (Vol. 14, Issue 2). [www.onlinedoctranslator.com](http://www.onlinedoctranslator.com)
- Faruque, M. O., Rabby, M. A. J., Hossain, M. A., Islam, M. R., Rashid, M. M. U., & Muyeen, S. M. (2022). A comparative analysis to forecast carbon dioxide emissions. *Energy Reports*, 8, 8046–8060. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.025>
- Fu, W., & Irfan, M. (2022). Does Green Financing Develop a Cleaner Environment for Environmental Sustainability: Empirical Insights From Association of Southeast Asian Nations Economies. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.904768>
- goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). Konsep Green Economy dan Kebijakan Low Carbon Green Growth Korea Selatan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

- 53(9), 1689–1699.
- He, L., Zhang, L., Zhong, Z., Wang, D., & Wang, F. (2019). Green credit, renewable energy investment and green economy development: Empirical analysis based on 150 listed companies of China. *Journal of Cleaner Production*, 208, 363–372. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.119>
- Hudawan, D., & Afriani, F. (2019). *Valuasi Deplesi Sumberdaya Air dalam Rangka Penghitungan PDRB Semi Hijau di Kota Malang, Jawa Timur Secara konvensional PDRB ( Produk Domestik Regional Bruto ) dipergunakan untuk mengukur yang lebih baik , dan secara signifikan mengurangi resiko lingkungan*. 2, 1–12.
- Ii, B. A. B., & Teori, L. (2020). *BAB II LANDASAN TEORI 2.1 Green Economy*. 23–56.
- İnal, V., Addi, H. M., Çakmak, E. E., Torusdağ, M., & Çalışkan, M. (2022). The nexus between renewable energy, CO2 emissions, and economic growth: Empirical evidence from African oil-producing countries. *Energy Reports*, 8, 1634–1643. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.051>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2020). Green Economy Index : A Step Forward to Measure the Progress of Low Carbon and Green Economy in Indonesia. *Bappenas*, 39.
- Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., Leskinen, P., Kuikman, P., & Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 139, 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.024>
- Megwai, G., Njie, N. I., & Richards, T. (2016). Exploring green economy strategies and policies in developing countries. *International Journal of Green Economics*, 10(3–4), 338–357. <https://doi.org/10.1504/IJGE.2016.081905>
- Mutia, A. (2022). 10 Negara Penyumbang Emisi Karbon Terbesar di Dunia, Ada Indonesia! *Katadata.Co.Id*, 2. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/11/10/10-negara-penyumbang-emisi-karbon-terbesar-di-dunia-ada-indonesia>
- Napitupulu, M. D., Pasaribu, V. A. R., & Sihombing, N. (2019). *Analisis Implementasi Sustainable Development Goals ( SDGs ) Desa Bakal Gajah Melalui Pengembangan Badan Usaha Milik Desa ( BUMDes )*. 1–11.
- Olubunmi, O. A., Xia, P. B., & Skitmore, M. (2016). *Tinjauan Energi Terbarukan dan Berkelanjutan Insentif bangunan hijau : Tinjauan*. 59, 1611–1621.
- Pan, S. Y., Gao, M., Kim, H., Shah, K. J., Pei, S. L., & Chiang, P. C. (2018). Advances and challenges in sustainable tourism toward a green economy. *Science of the Total Environment*, 635, 452–469. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.134>
- Pitkänen, K., Antikainen, R., Droste, N., Loiseau, E., Saikku, L., Aissani, L., Hansjürgens, B., Kuikman, P. J., Leskinen, P., & Thomsen, M. (2016). What can be learned from practical cases of green economy? –studies from five European countries. *Journal of Cleaner Production*, 139, 666–676. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.071>
- Riekhof, M. C., Regnier, E., & Quaas, M. F. (2019). Economic growth, international trade, and the depletion or conservation of renewable natural resources. *Journal of Environmental Economics and Management*, 97(April), 116–133. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.04.008>
- Shabunina, T. V., Shchelkina, S. P., & Rodionov, D. G. (2017). An innovative approach to the transformation of eco-economic space of a region based on the green economy principles. *Academy of Strategic Management Journal*, 16(Specialissue1), 176–185.
- Shuai, S., & Fan, Z. (2020). Modeling the role of environmental regulations in regional green economy efficiency of China: Empirical evidence from super efficiency DEA-Tobit model. *Journal of Environmental Management*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110227>
- Wibowo, E. W. (2019). Valuasi Ekonomi Lingkungan Kota Jakarta. *Jurnal Administrasi Bisnis Internasional (JAMBI)*, 1(1), 1–6.
- Wiyekti, N. (2021). Transisi menuju Ekonomi Hijau, Berkaitan dengan Kualitas Lingkungan Era Desentralisasi di Indonesia. *JIKOSTIK: Jurnal Ilmiah Komputasi Dan Statistika*, 1(1), 32–39. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)

- Zheng, W., Zhang, L., & Hu, J. (2022). Green credit, carbon emission and high quality development of green economy in China. *Energy Reports*, 8, 12215–12226. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.013>
- Zhou, Y. (2022). The Application Trend of Digital Finance and Technological Innovation in the Development of Green Economy. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1064558>

# **ANALISIS PERKEMBANGAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI DI PROVINSI SUMATERA UTARA: PENDEKATAN *CLUSTERING* SPASIAL**

## *Analysis of Information Technology and Communication Development in North Sumatra: A Spatial Clustering Approach*

Puspita Anggraini Kaban

Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapanuli Tengah, 22611, Email: [puspita.kaban@bps.go.id](mailto:puspita.kaban@bps.go.id)

### **ABSTRAK**

Teknologi informasi dan komunikasi memberikan berbagai kemudahan dan membuka banyak kesempatan untuk pembangunan manusia dari berbagai aspek: pengetahuan, kesehatan, dan ekonomi. Meskipun teknologi dapat mengatasi batasan ruang, aspek geografis masih menjadi kendala untuk penyebaran penetrasi teknologi. Menggunakan metode *hierarchical clustering* dengan efek spasial, penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat perkembangan teknologi informasi dan komunikasi kabupaten/kota di Sumatera Utara. Hasil *clustering* menemukan bahwa kabupaten di Pulau Nias memerlukan perhatian khusus untuk pengembangan TIK. Wilayah kota dapat dikelola menjadi episentrum perkembangan TIK. Pengelompokan wilayah berdasarkan pengembangan TIK dengan efek spasial dapat dijadikan acuan perencanaan pembangunan infrastruktur yang lebih efisien.

Kata Kunci : *hierarchical clustering*, efek spasial, TIK

### **ABSTRACT**

*Information and communication technology provides various advantages and enables many opportunities for human development from various aspects: knowledge, health, and economics. Even though technology may overcome space limitations, the geographical aspect remains a barrier to the expansion of technology penetration. Using the hierarchical clustering method with spatial effects, this study aims to map the level of development of information and communication technology in regencies/municipalities in Sumatera Utara Province. The clustering result shows that regencies in Nias Island require special attention for ICT development. Municipalities can be administered as the epicenters of ICT development. Groups of regions by ICT development with spatial effect can be used as a reference for planning more efficient infrastructure development.*

*Keywords: hierarchical clustering, spatial effects, ICT*

## **I. PENDAHULUAN**

Menurut Sen (2010), teknologi informasi merupakan kunci untuk meningkatkan taraf kebebasan manusia dan mendorong efisiensi yang lebih baik dalam berbagai aktivitas manusia. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dapat mendukung pembangunan melalui keterbukaan akses ke pasar yang baru, peningkatan daya saing, dan akses pengetahuan (Qureshi, 2011). Semakin tinggi tingkat penguasaan teknologi informasi seseorang, maka semakin tinggi pula peluang yang dimilikinya untuk menciptakan dan menemukan pekerjaan baru, meningkatkan produktivitas, meningkatkan pendapatan, dan peluang lainnya (Alderete, 2017; Qureshi et al.,

2009). Dalam konteks kemiskinan, Pedrelli (2001) menemukan bahwa TIK menawarkan peluang yang cukup besar untuk mengatasi kemiskinan di negara - negara berkembang. TIK dapat membantu orang - orang miskin untuk mengembangkan usaha ataupun mendorongnya untuk mandiri. Sama halnya, Karaman Aksentijević et al. (2021) berkesimpulan bahwa TIK memiliki efek positif yang sangat signifikan pada pembangunan manusia di negara berpenghasilan menengah ke bawah dan negara berpenghasilan rendah.

Akses dan keahlian TIK juga memiliki kaitan yang sangat erat dengan kualitas pembangunan manusia, dengan berbagai kesempatan pengembangan diri yang ditawarkannya. TIK berdampak positif pada pembangunan manusia; terutama pada dimensi yang diukur dengan indeks pembangunan manusia (umur, pendidikan, dan hidup layak) (De la Hoz-Rosales et al., 2019). Di negara-negara berpenghasilan rendah, ditemukan bahwa berbagai aspek investasi TIK memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap pembangunan manusia (Bankole, 2011). Khan et al. (2019) menemukan bahwa TIK seiring dengan pertumbuhan ekonomi berdampak positif kepada indeks pembangunan manusia (IPM) di Pakistan. Penetrasi infrastruktur TIK seperti internet dan telepon seluler berdampak langsung untuk pembangunan manusia sementara penetrasi telepon dan barang-barang TIK memiliki efek netral (Acheampong et al., 2022). TIK memengaruhi pembangunan manusia melalui dimensi kebudayaan seperti jarak kekuasaan, kolektivisme, feminitas, orientasi jangka pendek dan pengekanan (Jayaprakash dan Pillai, 2021).

Teknologi juga mempengaruhi kualitas hidup. Masyarakat yang terhubung dengan dunia digital lebih bahagia dan lebih memilih untuk tinggal di daerah dengan kapasitas teknologi yang mumpuni, yang berinvestasi dalam R&D, dan yang berkomitmen untuk mencapai pertumbuhan yang berkelanjutan (Nevado-Peña, 2019). Perkembangan TIK memiliki korelasi positif yang signifikan dengan pertumbuhan ekonomi (Adeleye dan Eboagu, 2019). Dalam konteks yang linier, pertumbuhan ekonomi juga berkontribusi untuk meningkatkan pembangunan manusia (Iqbal et al., 2019). Meskipun demikian, perkembangan TIK juga memiliki pengaruh negatif terhadap kualitas hidup. Seiring dengan masifnya persebaran informasi yang didorong dengan ketersediaan teknologi, terjadi pertukaran budaya yang akhirnya menyebabkan pergeseran nilai di masyarakat. Selain itu, perkembangan internet juga membuka ruang untuk berbagai jenis aksi kriminalitas baru (Palvia et al., 2018).

TIK memberikan berbagai kemudahan dan membuka banyak kesempatan untuk pembangunan manusia dari berbagai aspek: pengetahuan, kesehatan, dan ekonomi. Teknologi menjadi komoditas penting untuk mencapai kesejahteraan, oleh karenanya teknologi juga bisa menjadi sumber kesenjangan. TIK menjadi salah satu faktor yang bertanggung jawab atas pelebaran ketimpangan antara masyarakat kaya dan miskin dalam kemajuan ekonomi pasar global (Avgerou, 2003). Ketersediaan dan penggunaan TIK untuk kelompok yang benar-benar membutuhkannya perlu diperhatikan untuk mengurangi peluang marginalisasi kepada kelompok

tersebut (Jackson et al., 2000). Wang et al. (2021) menemukan adanya kesenjangan digital antar daerah di Cina, di mana kota-kota yang kurang berkembang tertinggal dibandingkan kota-kota yang berkembang dengan baik karena kondisi infrastruktur dasar yang buruk dan tingkat pemahaman TIK penduduknya rendah. Song et al. (2020) menemukan fenomena yang sama, tingkat pengembangan digital terpusat pada wilayah metropolitan sedangkan wilayah pedesaan-pegunungan dan wilayah termiskin memiliki tingkat pengembangan digital yang rendah.

Provinsi Sumatera Utara merupakan provinsi dengan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terbesar kedua di Pulau Sumatera namun terdapat indikasi ketimpangan regional antar kabupaten/kota di dalamnya. Badan Pusat Statistik mencatat nilai PDRB Sumatera Utara pada tahun 2022 sebesar Rp 955.193,09 miliar dan PDRB per kapita sebesar Rp 63.194.182,91. Sebaran PDRB per kapita menunjukkan ketimpangan pendapatan di kabupaten/kota. Medan memiliki nilai PDRB per kapita sebesar Rp 112.310.157,69 nilai ini jauh di atas nilai PDRB per kapita provinsi, dan sangat ekstrem perbedaannya jika dibandingkan dengan nilai PDRB per kapita Nias Selatan sebesar Rp 21.447.849,70 . Daulay et al. (2021) mengukur dengan Indeks Williamson bahwa ketimpangan regional di Sumatera Utara sangat tinggi berdasarkan data tahun 2010 sampai 2019. Zega et al. (2022) menemukan bahwa ketimpangan antar kabupaten/kota di Sumatera Utara secara nyata masih terjadi meski telah ada penurunan ketimpangan pada sisi kualitas manusia. Di sisi lain, disparitas masih lebar pada sisi kesehatan, pendidikan, dan daya beli.

Ketimpangan regional merupakan sebuah isu yang belum terpecahkan di Sumatera Utara. Kebanyakan penelitian terdahulu menganalisis ketimpangan regional yang terjadi dari perspektif ekonomi dan pembangunan manusia. Di sisi lain, TIK merupakan katalis yang tidak dapat diabaikan dalam konteks perkembangan ekonomi dan pembangunan manusia modern saat ini. Penelitian ini menawarkan perspektif baru ketimpangan regional di Sumatera Utara dari perspektif perkembangan TIK. Tujuan penelitian ini untuk menyelidiki dan memetakan tingkat perkembangan TIK kabupaten/kota di Sumatera Utara. Jarak geografis digunakan sebagai aspek yang mempengaruhi persebaran perkembangan TIK. Penelitian ini melakukan analisis deskriptif dan menggunakan metode *hierarchical clustering* dengan efek spasial untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan tingkat perkembangan TIK.

## **II. TINJAUAN TEORI**

### **a. Persebaran Geografis Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi**

Lin et al. (2017) menemukan bahwa penetrasi internet memiliki korelasi positif dengan pembangunan ekonomi. Meskipun internet dapat memfasilitasi komunikasi jarak jauh, kedekatan geografis tetap penting. Persebaran penetrasi internet dimulai dari kota - kota besar ke wilayah tetangganya. Namun, penetrasi internet cenderung lebih rendah di daerah - daerah yang lebih jauh.

Namun, terdapat efek limpahan (*spillover*) dari penetrasi internet terhadap pembangunan berbeda antara satu daerah dan lainnya, terutama antara kota - kota besar dan kecil. Ketidakmerataan penetrasi internet ini menyebabkan disparitas pertumbuhan ekonomi antar daerah yang maju dan berkembang. Wang et al. (2021) menemukan fenomena yang sama dan menyimpulkan bahwa TIK berperan untuk meningkatkan pembangunan sosial-ekonomi namun di saat yang sama perkembangan TIK menjadi salah satu indikator kesenjangan antar daerah. Ketidakseimbangan perkembangan TIK dapat menyebabkan pembangunan sosial-ekonomi yang tidak seimbang.

### III. METODOLOGI

#### a. Data

Cakupan dari penelitian ini terdiri atas 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan data hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) dan data hasil uji kecepatan internet oleh Ookla pada tahun 2021. Survei Sosial Ekonomi Nasional merupakan survei yang dilaksanakan oleh Badan Pusat Statistik untuk mengumpulkan informasi terkait keadaan sosial kependudukan masyarakat. Survei ini dilakukan dua kali dalam satu tahun dengan cakupan seluruh kabupaten/kota di wilayah Indonesia. SUSENAS mencakup beberapa tema, di antaranya kondisi demografi, pendidikan, ketenagakerjaan, TIK, mobilitas, gangguan fungsional, kesehatan, perumahan, dan perlindungan sosial. Penelitian ini menggunakan empat variabel yang merupakan agregat per kabupaten/kota dari data SUSENAS.

Ookla merupakan perusahaan Amerika Serikat yang bergerak dalam bidang pengujian dan analisis data internet seluler dan non seluler. Pengujian internet Ookla sudah mencakup seluruh negara di dunia. Melalui inisiasi keterbukaan data, Ookla merilis data agregat hasil uji kecepatan internet yang dimilikinya (dokumentasi dapat diakses di : <https://github.com/teamookla/ookla-open-data>). Penelitian ini menggunakan dua variabel agregat per kabupaten/kota dari data Ookla.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

Variabel	Satuan	Keterangan	Sumber
$x_1$	%	Persentase pengguna telepon seluler	SUSENAS
$x_2$	%	Persentase pengguna komputer	SUSENAS
$x_3$	%	Persentase pengguna internet	SUSENAS
$x_4$	%	Persentase rumah tangga memiliki telepon rumah	SUSENAS
$x_5$	kbps	Kecepatan internet seluler (kbps)	Ookla
$x_6$	kbps	Kecepatan internet non seluler (kbps)	Ookla

### 3.2 Metode

Penelitian ini menggunakan metode *hierarchical clustering* dengan efek spasial yang diperkenalkan oleh Chavent et al. (2018). Metode ini merupakan pengembangan dari metode *agglomerative clustering* Ward. Pengembangan yang dilakukan adalah menggunakan dua matriks pembeda, alih-alih satu pada metode Ward.  $D_0$  adalah matriks jarak Euclidean antar wilayah berdasarkan nilai variabel.  $D_1$  adalah matriks pembeda yang menggambarkan jarak spasial antar wilayah. Penelitian ini menggunakan jarak Vincenty sebagai ukuran jarak dalam  $D_1$ . Penentuan keseimbangan antara  $D_0$  dan  $D_1$  diwakili oleh parameter  $\alpha \in [0, 1]$ . *Pseudo-inertia* campuran dari cluster  $C_k^\alpha$  didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$I_\alpha(C_k^\alpha) = (1 - \alpha) \sum_{i \in C_k^\alpha} \sum_{j \in C_k^\alpha} \frac{w_i w_j}{2\mu_k^\alpha} d_{0,ij}^2 + \alpha \sum_{i \in C_k^\alpha} \sum_{j \in C_k^\alpha} \frac{w_i w_j}{2\mu_k^\alpha} d_{1,ij}^2 \quad (1)$$

di mana  $\mu_k^\alpha = \sum_{i \in C_k^\alpha} w_i$  merupakan bobot dari  $C_k^\alpha$  serta  $d_{0,ij}$  dan  $d_{1,ij}$  masing - masing merupakan nilai perbedaan antara variabel  $i$  dan  $j$  dalam matriks  $D_0$  dan  $D_1$ .

*Pseudo-inertia* campuran antar cluster dari sebuah partisi  $P_K^\alpha = (C_1^\alpha, \dots, C_K^\alpha)$  adalah jumlah dari inersia campuran masing - masing cluster:

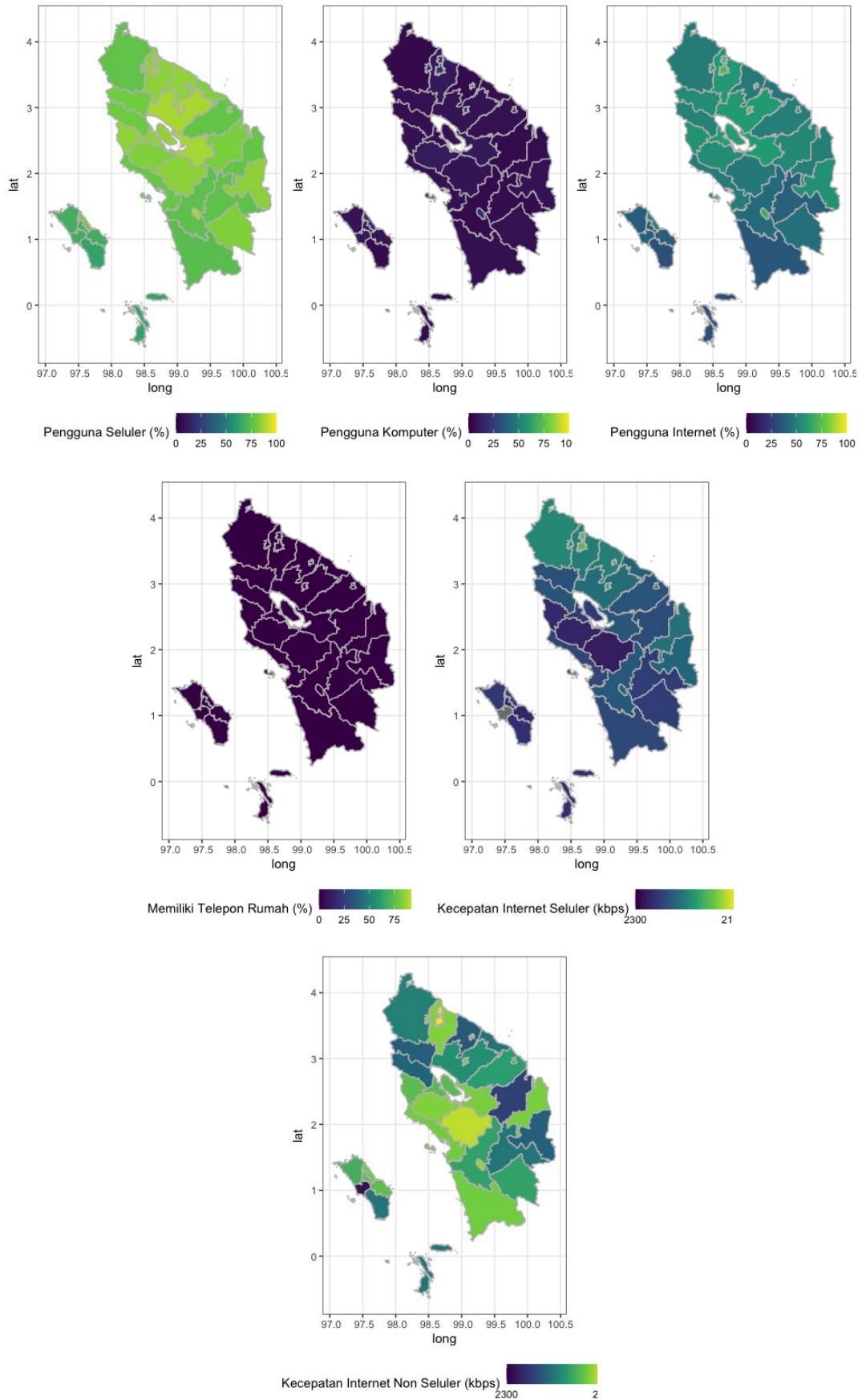
$$W_\alpha(P_K^\alpha) = \sum_{k=1}^K I_\alpha(C_k^\alpha) \quad (2)$$

Untuk menentukan nilai  $\alpha$  yang optimal digunakan persamaan berikut :

$$Q_\beta(P_K^\alpha) = 1 - \frac{W_\beta(P_K^\alpha)}{W_\beta(P_1)} \in [0,1] \quad (3)$$

## IV. HASIL DAN DISKUSI

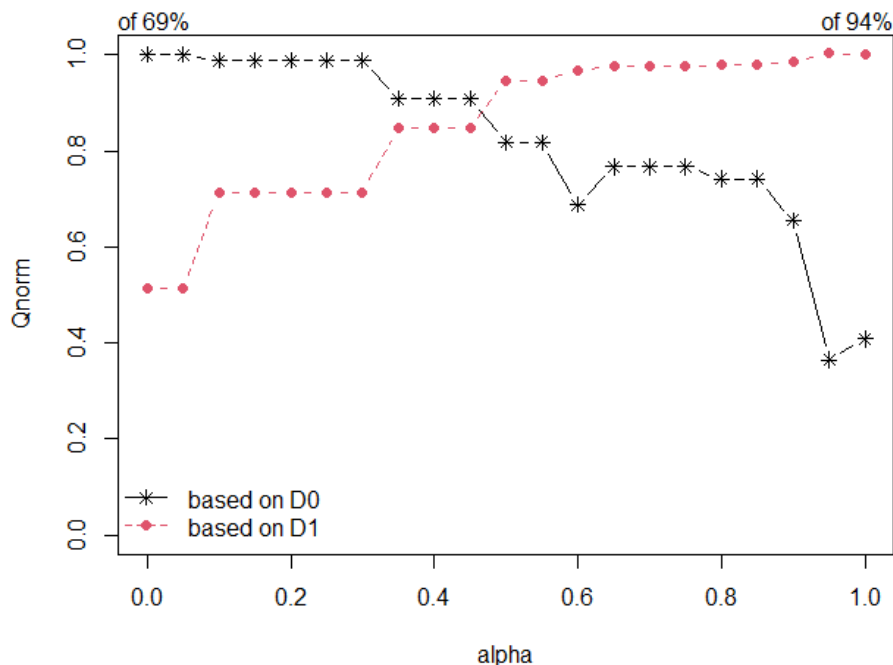
Peta persebaran variabel penelitian menunjukkan adanya ketimpangan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi antar kota dan kabupaten di provinsi Sumatera Utara. Gambar 1 menunjukkan bahwa sebaran variabel kecepatan internet seluler ( $x_5$ ) dan persentase pengguna internet ( $x_3$ ) cenderung lebih merata daripada 4 variabel lainnya. Median kecepatan internet seluler per kabupaten di Sumatera Utara sebesar 8.955 kbps dengan nilai minimum sebesar 2.297 kbps (Nias Barat) dan nilai maksimum sebesar 16.476 kbps (Medan). Median persentase pengguna telepon seluler per kabupaten ( $x_1$ ) di Sumatera Utara sebesar 82,90 persen dengan nilai minimum sebesar 64,10 persen (Nias Selatan) dan nilai maksimum sebesar 91,90 persen (Sibolga). Median kecepatan internet non seluler per kabupaten ( $x_6$ ) di Sumatera Utara sebesar 15.985 kbps dengan nilai minimum sebesar 3.789 kbps (Nias Barat) dan nilai maksimum sebesar 21698 kbps (Medan). Variabel pengguna komputer ( $x_2$ ) dan memiliki telepon rumah ( $x_4$ ) menunjukkan persebaran yang tidak merata antara mayoritas wilayah kabupaten dan kotamadya di Sumatera Utara.



**Gambar 1.** Sebaran spasial variabel penelitian

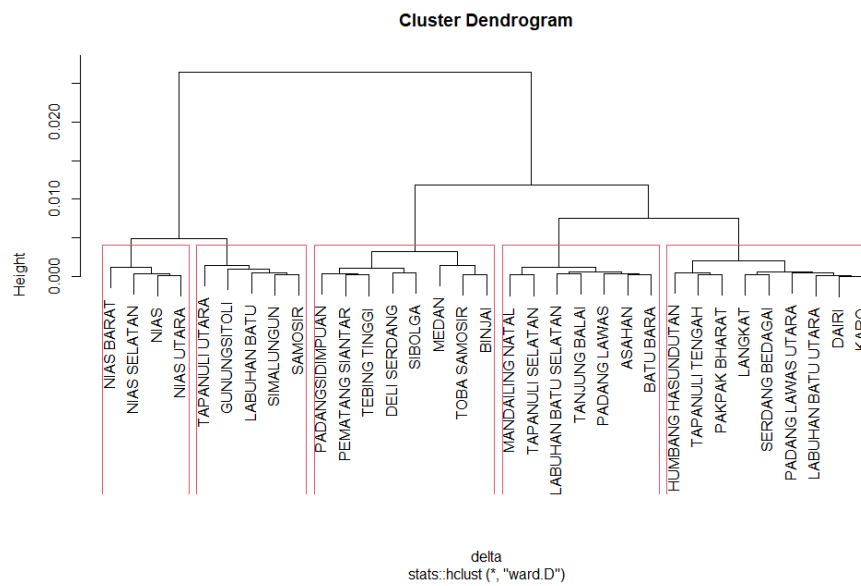
Median persentase pengguna komputer per kabupaten di Sumatera Utara sebesar 7,3 persen. Kotamadya memiliki persentase pengguna komputer lebih tinggi daripada wilayah kabupaten, dengan persentase tertinggi di Medan (18,5 persen) dan Padangsidempuan (18,1 persen), kemudian diikuti Pematang Siantar (17,2 persen), Tebing Tinggi (16,9 persen), Gunungsitoli (16,7 persen), Binjai (13,9 persen), Sibolga (13,6 persen) dan terakhir Tanjung Balai (8,8 persen). Wilayah kabupaten dengan persentase pengguna komputer tertinggi merupakan Humbang Hasudutan (10,8 persen) dan kabupaten persentase pengguna komputer terendah merupakan Langkat (4,2 persen). Median persentase rumah tangga yang memiliki sambungan telepon rumah per kabupaten di Sumatera Utara sebesar 0,1 persen. Tiga wilayah dengan persentase rumah tangga yang memiliki sambungan telepon rumah tertinggi adalah Medan (2,2 persen), Binjai (1,2 persen), dan Toba Samosir (1,1 persen). Terdapat 15 kabupaten/kota dengan persentase rumah tangga yang memiliki sambungan telepon rumah sebesar nol persen.

Pada tahap pembentukan *cluster*, keseimbangan pseudo-inertia antara  $D_0$  dan  $D_1$  diperoleh pada nilai  $\alpha=0,5$  jumlah *cluster*  $K = 5$  (Gambar 2). Nilai  $\alpha=0,5$  berarti bahwa bobot perbedaan variabel perkembangan TIK dan jarak spasial dianggap sama besar. Saat nilai  $\alpha=0$ , nilai  $Q_0$  dan  $Q_1$  yang dinormalisasi masing - masing sebesar 1 dan 0,51. Sedangkan saat nilai  $\alpha=0,5$  nilai  $Q_0$  dan  $Q_1$  yang dinormalisasi masing - masing sebesar 0,82 dan 0,51. Pada titik keseimbangan, terdapat pengurangan nilai homogenitas variabel perkembangan TIK sebesar 18 persen dan terjadi peningkatan homogenitas jarak spasial sebesar 43 persen.

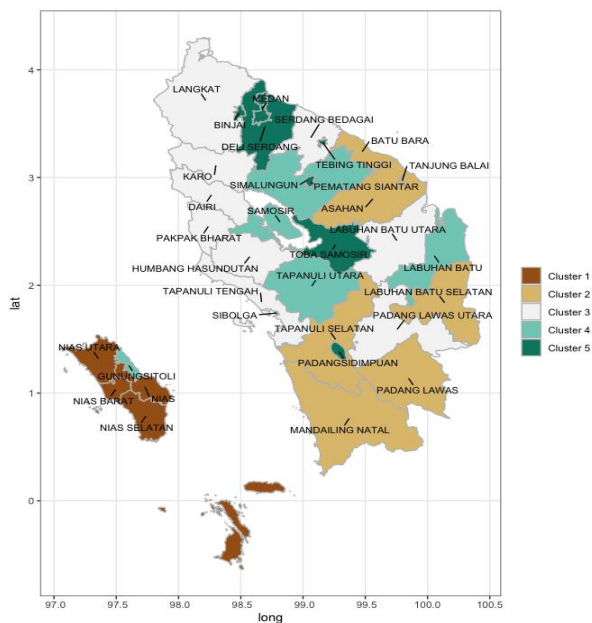


**Gambar 2.** Grafik nilai *pseudo-inertia* dan  $\alpha$

Terdapat lima cluster yang terbentuk sesuai dengan dendrogram pada Gambar 3 dan persebaran cluster ditunjukkan pada Gambar 4. Cluster 1 beranggotakan Nias Barat, Nias Selatan, Nias, dan Nias Utara. Cluster 2 beranggotakan Mandailing Natal, Tapanuli Selatan, Labuhan Batu Selatan, Tanjung Balai, Padang Lawas, Asahan dan Batu Bara. Cluster 3 beranggotakan Humbanghasudutan, Tapanuli tengah, Pakpak Bharat, Langkat, Serdang Bedagai, Padang Lawas Utara, Labuhan Batu Utara, Dairi, dan Karo. Cluster 4 beranggotakan Tapanuli Utara, Gunungsitoli, Labuhan Batu, Simalungun, dan Samosir. Cluster 5 beranggotakan Padangsimpuan, Pematang Siantar, Tebing Tinggi, Deli Serdang, Sibolga, Medan, Toba Samosir, dan Binjai.



**Gambar 3.** Dendrogram hasil *clustering*



Cluster 1 secara khusus beranggotakan empat kabupaten di Pulau Nias, hal ini mengindikasikan bahwa dalam konteks perkembangan TIK kabupaten - kabupaten yang secara geografis terpisah dari daratan utama Sumatera Utara ini harus diberi perhatian secara khusus. Namun dapat diperhatikan bahwa Gunungsitoli tidak terkelompok pada cluster yang sama namun berada pada cluster yang beranggotakan kabupaten yang terletak di pulau Sumatera. Dapat disimpulkan bahwa keadaan perkembangan TIK di Gunungsitoli berbeda dari empat kabupaten tetangganya dan oleh karena kotamadya ini dapat diandalkan sebagai episentrum perkembangan TIK di Pulau Nias.

Cluster 2 beranggotakan mayoritas wilayah yang berada di selatan provinsi Sumatera Utara. Cluster 3 beranggotakan mayoritas wilayah yang berada di utara provinsi Sumatera Utara. Meskipun demikian, dapat diperhatikan bahwa terdapat beberapa wilayah di selatan yang termasuk ke dalam Cluster 3 dan sebaliknya. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun *clustering* yang dilakukan mempertimbangkan jarak wilayah, kesamaan (juga perbedaan) karakteristik perkembangan TIK antar kabupaten/kota juga menentukan hasil *clustering*.

Cluster 4 beranggotakan mayoritas wilayah di sekitar Danau Toba meskipun ada dua wilayah berada di lokasi yang jauh. Cluster 5 beranggotakan wilayah - wilayah dengan persebaran geografis lebih luas daripada keempat cluster lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen penciri perkembangan TIK lebih berpengaruh daripada kedekatan geografis pada pembentukan cluster ini. Namun perlu diperhatikan bahwa cluster ini beranggotakan kotamadya (kecuali Toba Samosir) yang secara umum lebih berkembang baik dari segi ekonomi maupun infrastruktur TIK daripada kabupaten. Oleh karenanya anggota - anggota dari kelompok ini dapat diperlakukan sebagai wilayah episentrum perkembangan TIK di Sumatera Utara.

## **V. KESIMPULAN**

Hasil pengelompokan kabupaten/kota di Sumatera Utara berdasarkan perkembangan TIK menunjukkan bahwa wilayah Pulau Nias masih memerlukan perhatian khusus, mengingat secara geografis wilayahnya yang terpisah dari daratan utama. Kotamadya, dengan kondisi perkembangan TIK yang secara umum lebih baik daripada kabupaten, dapat dijadikan episentrum perkembangan TIK. Efek limpahan dari perkembangan TIK di wilayah - wilayah harus dimanfaatkan dan diatur dengan baik agar dapat berdampak positif kepada tetangganya, alih - alih menimbulkan kesenjangan.

Pengelompokan perkembangan TIK yang mempertimbangkan jarak dapat dijadikan acuan untuk perencanaan pembangunan infrastruktur yang lebih efisien. Pembangunan TIK dapat dimulai dari wilayah - wilayah maju, kemudian menyebar ke wilayah tetangganya, sebagaimana yang disimpulkan oleh Lin et al. (2017). Besarnya investasi untuk pembangunan infrastruktur pendukung adalah salah satu faktor yang menghambat perkembangan TIK di daerah - daerah

pinggiran. Oleh karenanya, model pengembangan bertahap seperti ini dapat dijadikan acuan karena karena kota/kabupaten yang belum berkembang hingga titik tertentu dapat mengandalkan efek limpahan perkembangan TIK dari wilayah tetangganya yang lebih maju. Meskipun demikian, terdapat kebijakan universal yang dapat dilakukan untuk menstimulasi pemanfaatan dan perkembangan TIK, seperti mengurangi biaya pembelian telepon seluler, menurunkan tarif internet, menurunkan tarif berlangganan jaringan telepon (Adeleye dan Eboagu, 2019).

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Adeleye, N., & Eboagu, C. (2019). Evaluation of ICT development and economic growth in Africa. *NETNOMICS: Economic research and electronic networking*, 20, 31-53.
- Acheampong, A. O., Opoku, E. E. O., Dzator, J., & Kufuor, N. K. (2022). Enhancing human development in developing regions: Do ICT and transport infrastructure matter?. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121725.
- Alderete, M. V. (2017). Examining the ICT access effect on socioeconomic development: the moderating role of ICT use and skills. *Information Technology for Development*, 23(1), 42-58.
- Avgerou, C. (2003). The link between ICT and economic growth in the discourse of development. In *Organizational Information Systems in the Context of Globalization: IFIP TC8 & TC9/WG8. 2 & WG9. 4 Working Conference on Information Systems Perspectives and Challenges in the Context of Globalization June 15–17, 2003, Athens, Greece* (pp. 373-386). Springer US.
- Bankole, F. O., Shirazi, F., & Brown, I. (2011). Investigating the impact of ICT investments on human development. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 48(1), 1-19.
- Chavent, M., Kuentz-Simonet, V., Labenne, A., & Saracco, J. (2018). ClustGeo: an R package for hierarchical clustering with spatial constraints. *Computational Statistics*, 33(4), 1799-1822.
- Daulay, A., Yusuf, M., & Maipita, I. (2021, February). Analysis of Regional Disparity Among Regencies/Cities and the Correlation with Economic Growth North Sumatera in 2010-2019. In *International Conference on Strategic Issues of Economics, Business and, Education (ICoSIEBE 2020)* (pp. 45-50). Atlantis Press.
- De la Hoz-Rosales, B., Ballesta, J. A. C., Tamayo-Torres, I., & Buelvas-Ferreira, K. (2019). Effects of information and communication technology usage by individuals, businesses, and government on human development: An international analysis. *IEEE Access*, 7, 129225-129243.
- Iqbal, K., Hassan, S. T., Peng, H., & Khurshaid. (2019). Analyzing the role of information and telecommunication technology in human development: panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 15153-15161.
- Jackson, C., Kazanis, G., Shahnaz, I., Shimizy, K., Njoku, P., & Lin, Z. (2000). Information and communication technology and social exclusion. Paper for professional issues in IT.
- Jayaprakash, P., & Pillai, R. R. (2021). The role of ICT and effect of national culture on human development. *Journal of Global Information Technology Management*, 24(3), 183-207.
- Karaman Aksentijević, N., Ježić, Z., & Zaninović, P. A. (2021). The effects of information and communication technology (ICT) use on human development—a macroeconomic approach. *Economies*, 9(3), 128.
- Khan, N. H., Ju, Y., & Hassan, S. T. (2019). Investigating the determinants of human development index in Pakistan: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 19294-19304.
- Krugman, P. (1999). The role of geography in development. *International regional science review*, 22(2), 142-161.

- Lin, J., Yu, Z., Wei, Y. D., & Wang, M. (2017). Internet access, spillover and regional development in China. *Sustainability*, 9(6), 946.
- Nevado-Peña, D., López-Ruiz, V. R., & Alfaro-Navarro, J. L. (2019). Improving quality of life perception with ICT use and technological capacity in Europe. *Technological Forecasting and Social Change*, 148, 119734.
- Palvia, P., Baqir, N., & Nemati, H. (2018). ICT for socio-economic development: A citizens' perspective. *Information & Management*, 55(2), 160-176.
- Pedrelli, M. (2001). Developing countries and the ICT revolution.
- Sen, A. (2010). The mobile and the world. *Information Technologies & International Development*, 6(SE), pp-1.
- Song, Z., Wang, C., & Bergmann, L. (2020). China's prefectural digital divide: Spatial analysis and multivariate determinants of ICT diffusion. *International journal of information management*, 52, 102072.
- Qureshi, S. (2011). Globalization in development: Do information and communication technologies really matter?. *Information Technology for Development*, 17(4), 249-252.
- Qureshi, S., Kamal, M., & Wolcott, P. (2009). Information technology interventions for growth and competitiveness in micro-enterprises. *International Journal of Enterprise Information Systems (IJEIS)*, 5(2), 71-95.
- Wang, D., Zhou, T., Lan, F., & Wang, M. (2021). ICT and socio-economic development: Evidence from a spatial panel data analysis in China. *Telecommunications Policy*, 45(7), 102173.
- Zega, Y. T., Mursalin, D., & Yudhistira, I. P. (2022). Ketimpangan Pembangunan dan Konvergensi Pendapatan Antarkabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Ekonomi Pembangunan STIE Muhammadiyah Palopo*, 8(2), 188-207.

# **PENGEROMBOLAN KABUPATEN/KOTA DI SUMATERA UTARA BERDASARKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN PANGAN**

## *Regency/City Clustering in North Sumatra Based on Food Crop Productivity*

Junjun Wijaya\*, Monika Stevany Manurung\*\*  
\*BPS Kabupaten Dairi, *E-mail*: junjun.wijaya@bps.go.id  
\*\*BPS Kabupaten Dairi

### **ABSTRAK**

Pertanian merupakan sektor andalan yang mendorong perekonomian di kabupaten/kota. Tanaman pangan merupakan subsektor dari pertanian dengan kontribusi paling besar dalam PDRB Provinsi Sumatera Utara tahun 2021. Untuk memaksimalkan potensi tanaman pangan, maka dibutuhkan pengidentifikasian dari sebaran produktivitas. Dengan demikian, pemerintah dapat mengambil kebijakan dalam meningkatkan potensi subsektor tanaman pangan di masing-masing wilayah. Tujuan dari penelitian ini adalah menggerombolkan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan produktivitas tanaman pangan dengan menggunakan metode gerombol terbaik. Penelitian ini menggunakan metode hirarki dan non hirarki dengan uji validitas internal yaitu indeks *Connectivity*, indeks *Silhouette*, dan indeks *Dunn* sehingga diperoleh metode penelitian terbaik adalah metode *K-Means Clustering* dengan jumlah optimum *cluster* yang dihasilkan sebanyak 2 *cluster*. Hasil penggerombolan adalah *cluster* 1 dengan produktivitas tanaman rendah, sedangkan *cluster* 2 dengan produktivitas tanaman pangan tinggi.

Kata kunci: Tanaman Pangan, Produktivitas, *K-Means Clustering*

### **ABSTRACT**

*Agriculture is the mainstay sector that drives the economy in districts/cities. Food crops are the subsector of agriculture with the largest contribution to the GRDP of North Sumatra Province in 2021. To maximize the potential of food crops, it is necessary to identify the distribution of productivity. Thus, the government can adopt policies to increase the potential of the food crop sub-sector in each region. The aim of this research is to cluster districts/cities in North Sumatra Province based on food crop productivity using the best cluster method. This research uses hierarchical and non-hierarchical methods with internal validity tests, namely the Connectivity index, Silhouette index, and Dunn index so that the best research method is obtained, namely the K-Means Clustering method with the optimum number of clusters produced being 2 clusters. The result of clustering is cluster 1 with low crop productivity, while cluster 2 has high crop productivity.*

*Keywords: Food Crops, Productivity, K-Means Clustering*

## **I. PENDAHULUAN**

Sektor pertanian merupakan sektor yang berperan strategis dalam pembangunan nasional. Sektor pertanian menjadi sektor ketiga terbesar yang mendominasi pertumbuhan ekonomi setelah sektor industri dan perdagangan pada Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia tahun 2022. Sumatera Utara merupakan salah satu daerah dengan potensi sektor pertanian yang melimpah di pulau sumatera. Sektor pertanian merupakan sektor dengan kontribusi paling besar dalam menopang perekonomian di provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Lapangan Usaha Provinsi Sumatera Utara tahun 2021, sektor pertanian menyumbang sebesar 22,04 persen terhadap perekonomian provinsi (Badan Pusat Statistik, 2021).

Sektor pertanian terdiri dari lima subsektor antara lain tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, peternakan serta jasa pertanian dan perburuan. Subsektor tanaman pangan terdiri dari padi (padi sawah dan padi ladang) dan palawija (jagung, kacang tanah, kacang hijau, kacang kedelai, ubi jalar, dan ubi kayu). Tanaman pangan merupakan subsektor dengan kontribusi paling besar terhadap perekonomian di antara subsektor lainnya. Dengan kata lain, tanaman pangan merupakan subsektor yang paling dominan. Hal tersebut dikarenakan tanaman pangan berperan penting dalam penyediaan makanan pokok bagi masyarakat terutama tanaman pangan padi.

Luas panen padi Provinsi Sumatera Utara tahun 2021 sebesar 385.405 hektar dengan produksi sebesar 2.004.143 ton Gabah Kering Giling (GKG). Apabila dibandingkan dengan tahun 2020, luas panen dan produksi tersebut mengalami penurunan (BPS, 2021). Kabupaten/kota dengan produksi padi tertinggi adalah Kabupaten Deli Serdang, Serdang Bedagai, dan Simalungun.

Potensi tanaman pangan di Sumatera Utara perlu dipertahankan dan dikelola agar ketersediaan pangan tetap terjaga. Untuk itu, sebaran tanaman pangan di Sumatera Utara perlu diidentifikasi berdasarkan produktivitas kabupaten/kota. Gambaran sebaran tersebut akan membantu pemerintah untuk mengidentifikasi kelompok pemetaan dan mengambil kebijakan dalam meningkatkan potensi subsektor tanaman pangan di masing-masing wilayah. Pengelompokan kabupaten/kota di Sumatera Utara berdasarkan sebaran tanaman pangan dapat dilakukan dengan analisis gerombol (*clustering*). Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Safitri, dkk (2018) yang berjudul penggerombolan provinsi di Indonesia berdasarkan produktivitas tanaman pangan menggunakan metode *K-Error*. Penelitian tersebut menghasilkan sebanyak 7 gerombol dengan kategori produktivitas dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Gerombol 2 dan 3 merupakan gerombol dengan kategori sangat rendah, gerombol 7 termasuk kategori rendah. Sedangkan kategori sedang terdapat pada gerombol gerombol 1 dan 6, sementara kategori tinggi dan sangat tinggi masuk dalam kategori 4 dan 5.

Analisis gerombol (*clustering*) adalah salah satu teknik analisis pengelompokan objek yang memiliki kemiripan menjadi beberapa gerombol tertentu. Objek di dalam satu gerombol akan memiliki kemiripan karakteristik yang tinggi sedangkan objek di luar gerombol tersebut akan memiliki tingkat kemiripan yang rendah. Dengan kata lain, tingkat variasi dalam gerombol menjadi rendah sedangkan antar gerombol menjadi tinggi (Mattjik dan Sumertajaya, 2011). Secara garis besar terdapat dua metode pada analisis gerombol (*clustering*) diantaranya metode hirarki dan non hirarki. Salah satu metode hirarki adalah *average linkage*, sedangkan metode non hirarki adalah *K-Means clustering*. Metode *average linkage* menghitung jarak dua gerombol yang disebut sebagai jarak rata-rata. Berdasarkan penelitian Alfina, dkk (2012) menyatakan bahwa metode tersebut merupakan metode *clustering* paling baik yang dihasilkan. Sedangkan metode *K-Means* mempartisi  $X$  dalam  $k$  buah gerombol dari sekumpulan objek  $X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  (Johnson dan Wichern, 2007).

Penelitian ini menggunakan variabel produktivitas dalam melakukan penggerombolan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Produktivitas komoditas pertanian dapat menggambarkan situasi ketahanan dan kerentanan pangan wilayah kabupaten/kota. Selain itu, penelitian ini menggunakan data terbaru yaitu data tahun 2010 hingga 2020 sehingga hasil yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan kondisi pertanian saat ini.

Berdasarkan rumusan tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah menggerombolkan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan produktivitas dari komoditas tanaman pangan tahun 2010-2020. Untuk menjawab tujuan tersebut penggerombolan akan menggunakan metode terbaik di antara *average linkage* dan *K-Means clustering*. Hasil analisis gerombol (*clustering*) kedua metode tersebut akan diperbandingkan berdasarkan evaluasi model. Dengan demikian, dapat diidentifikasi daerah dengan produktivitas tanaman pangan potensial yang dapat dioptimalkan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Analisis Gerombol (*Clustering*)**

Analisis gerombol (*clustering*) merupakan salah satu teknik analisis multivariat metode interdependen. Tujuan dari analisis gerombol adalah mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan karakteristik tertentu ke dalam gerombol yang sama (Mattjik dan Sumertajaya, 2011). Dengan demikian, satu gerombol akan terdiri atas objek dengan karakteristik homogen, sedangkan objek antar gerombol memiliki karakteristik heterogen. Pendekatan yang digunakan untuk mengukur kemiripan antar objek dinyatakan dalam jarak (*distance*). Pasangan objek dengan jarak yang pendek akan cenderung lebih mirip sehingga dikelompokkan pada gerombol yang sama. Pengukuran jarak tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan sifat variabel, skala pengukuran, dan karakteristik masalah yang diteliti.

**Jarak (*distance*)**

Jarak merupakan ukuran umum yang digunakan dalam mengukur kemiripan antar objek. Jarak yang digunakan apabila antar variabel saling bebas atau tidak terdapat multikolinearitas pada data adalah jarak *euclidean*. Jarak *euclidean* merupakan akar jumlah kuadrat perbedaan nilai objek tiap variabel. Sementara itu, apabila terdapat korelasi pada data digunakan jarak *Mahalanobis*.

**B. Metode Cluster**

**Metode Hierarki**

Pengukuran kemiripan observasi dilakukan secara bertahap yang terdiri dari:

(a) *Agglomerative nested* (Pemusatan)

Menurut (Johnson, 1967), metode hirarki dilakukan dengan cara yaitu terdapat sekumpulan N objek dan sebuah matrik berukuran N x N kemudian yaitu

1. Bentuk gerombol sebanyak N dengan masing-masing gerombol memiliki sebuah objek.
2. Cari sepasang gerombol yang jaraknya terdekat, dan dijadikan sebuah gerombol baru. Maka akan terbentuk sebanyak N – 1 gerombol.
3. Hitung jarak antar gerombol yang baru dengan masing-masing gerombol yang lainnya.

Ulangi tahapan pada poin 2 dan 3 hingga semua objek menjadi sebuah gerombol dengan N objek. Apabila N objek yang dikelompokkan membentuk satu gerombol besar maka artinya tidak ada gunanya dilakukan penggerombolan. Setiap objek diasumsikan sebagai satu gerombol tersendiri. Kemudian, diukur jarak antar gerombol yang berpeluang terjadi pengelompokkan dan begitu seterusnya. *Agglomerative nested* terdiri dari *single linkage*, *complete linkage*, dan *average linkage*.

Metode *Single Linkage* merupakan metode hirarki yang paling sederhana, dimana gerombol dibentuk dari entitas objek dengan menggabungkan objek terdekat, di mana istilah objek terdekat berarti jarak terkecil atau *similarities* terbesar. *Complete Linkage* berlangsung dengan cara yang hampir sama seperti *Single Linkage*, dengan satu pengecualian penting, yaitu pada setiap tahap. *Complete Linkage* memastikan bahwa semua objek dalam sebuah gerombol berada dalam jarak maksimum (*similarities* minimum) satu sama lain. Sementara itu, metode *Average Linkage* menghitung jarak rata-rata dua gerombol di mana jarak tersebut dihitung pada masing-masing gerombol dengan persamaan berikut (Johnson & Wichern, 2007):

$$d_{(UV)W} = \frac{\sum_i \sum_k d_{ik}}{N_{(UV)}N_W} \tag{1}$$

Keterangan:

$d_{ik}$  : Jarak antar objek *i* dalam gerombol (*UV*) dan objek *k* dalam gerombol *W*

$N_{(UV)}$  dan  $N_w$  : Jumlah objek dalam gerombol ( $UV$ ) dan ( $W$ )

Metode *centroid* merupakan rata-rata dari semua objek dalam gerombol. Jarak antar *centroid* adalah jarak antar gerombol. Sedangkan, metode *Ward* didasari oleh hilangnya informasi yang disebabkan oleh penggabungan objek menjadi gerombol. Metode ini diukur dengan SSE (*Sum Square Error*) sebagai fungsi objektif (Johnson & Wichern, 2007). Tujuan metode *Ward* meminimumkan ragam dalam cluster dan memaksimalkan ragam antar objek di gerombol lainnya. Nilai SSE (*Sum Square Error*) untuk gerombol dengan anggota satu objek atau satu item saja adalah bernilai nol.

(b) *Divisive analysis* (Penyebaran)

Semua observasi dianggap menjadi satu gerombol besar. Observasi dengan nilai kemiripan yang rendah akan dipisahkan dan begitu seterusnya.

### **Metode Non Hierarki**

Metode ini dilakukan dengan membentuk *initial cluster* pusat. Objek dengan jarak tertentu dikelompokkan pada gerombol yang terbentuk. Objek dapat berpindah mempertimbangkan ukuran jarak dengan gerombol lain. Metode non hierarki ini biasa disebut dengan *K-Means Clustering*.

*K-Means Clustering* merupakan salah satu metode analisis gerombol non hirarki. Metode ini dapat digunakan mempartisi objek ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan kedekatan karakteristik. Dengan demikian, objek dengan karakteristik yang sama dikelompokkan dalam satu gerombol yang sama sedangkan objek dengan karakteristik berbeda dikelompokkan ke dalam gerombol lain. Tujuan pengelompokan adalah untuk meminimalkan *objective function* yang diset dalam proses pengelompokan, yang pada dasarnya berusaha untuk meminimalkan variasi dalam satu klaster dan memaksimalkan variasi antar klaster.

Jika diberikan sekumpulan objek  $X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  maka algoritma *K-Means Clustering* akan mempartisi  $X$  dalam  $k$  buah gerombol, di mana setiap gerombol memiliki centroid dari objek-objek dalam gerombol tersebut. Pada tahap awal algoritma *K-Means Clustering* dipilih secara acak  $k$  buah objek sebagai centroid, kemudian jarak antara objek dengan centroid dihitung dengan menggunakan jarak *Euclidean*, objek ditempatkan dalam gerombol yang terdekat dihitung dari titik tengah gerombol. Centroid baru ditetapkan jika semua objek sudah ditempatkan dalam gerombol terdekat. Proses penentuan *centroid* dan penempatan objek dalam gerombol diulangi sampai nilai centroid konvergen (*centroid* dari semua gerombol tidak berubah lagi) (Johnson dan Wichern, 2007).

## **Evaluasi Model**

### **(a) Indeks *Dunn***

*Dunn Index* merupakan salah satu metode validasi gerombol yang diajukan oleh J.C. Dunn. *Dunn Index* merupakan salah satu metode validasi hasil penggerombolan dengan mengukur diameter gerombol dan jarak antara dua gerombol sehingga diperoleh jumlah gerombol yang optimum (Khajvand dan Tarokh, 2011). Metode ini memberikan nilai terbaik untuk menghasilkan gerombol yang dalam gerombol memiliki kemiripan tinggi sedangkan antar gerombol memiliki kemiripan yang rendah. *Dunn Index* bertujuan untuk mengidentifikasi gerombol yang terpisah dengan baik dengan cara menghitung rasio jarak antar gerombol minimal dan jarak dalam gerombol maksimal. Artinya, semakin tinggi nilai *Dunn Index*, maka jumlah gerombol yang dihasilkan semakin optimal.

### **(b) Indeks *Connectivity***

Indeks *Connectivity* dilambangkan dengan Conn. Semakin kecil nilai Indeks *Connectivity* maka diindikasikan menunjukkan banyak gerombol yang terbentuk lebih baik atau optimal (Halim & Widodo, 2017).

### **(c) Indeks *Silhouette***

Indeks *Silhouette* digunakan untuk menghitung rata-rata dari titik yang ada pada himpunan data. Metode ini dapat digunakan sebagai validasi pada seluruh data, baik yang bersifat tunggal atau keseluruhan gerombol. Indeks *Silhouette* merupakan metode yang paling umum untuk memvalidasi gerombol yang menghubungkan separasi dan kohesi. Semakin besar rata-rata rentang nilai indeks *Silhouette* dari seluruh objek dalam suatu gerombol menunjukkan banyak kelompok hasil pengelompokan yang semakin baik (optimal). Evaluasi metode terbaik dapat menggunakan koefisien korelasi *Cophenetic*.

## **III. METODE PENELITIAN**

### **A. Data dan Sumber Data**

Data yang digunakan pada penelitian kuantitatif ini merupakan data sekunder bersumber dari BPS Provinsi Sumatera Utara. Variabel yang digunakan merupakan produktivitas dari komoditas tanaman pangan, antara lain jagung, kacang hijau, kacang kedelai, kacang tanah, ubi jalar, ubi kayu, serta padi sawah dan padi ladang. Produktivitas merupakan rasio produksi tanaman pangan terhadap luas lahan yang digunakan dalam usaha pertanian. Data tersebut diperoleh melalui Survei Ubinan. Sementara itu, objek penelitian ini adalah seluruh

kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara (kecuali Kota Sibolga) dengan jumlah 32 kabupaten/kota.

## **B. Metode Analisis**

Berdasarkan tujuan penelitian, maka metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis *cluster*. Metode tersebut digunakan karena mampu mengelompokkan setiap kabupaten/kota dengan produktivitas tanaman pangan yang mirip ke dalam gerombol yang sama. Untuk itu, tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi *missing value* dan melakukan imputasi terhadap *missing value* menggunakan nilai rata-rata kabupaten/kota menurut komoditas
2. Melakukan analisis deskriptif
3. Melakukan standarisasi apabila satuan antar variabel berbeda
4. Melakukan uji asumsi non multikolinearitas
5. Membentuk matriks jarak *euclidean*
6. Penggerombolan dengan metode *cluster* hirarki
  - a. Menentukan metode terbaik di antara metode *cluster* hirarki berdasarkan koefisien *cophenetic*
  - b. Menentukan jumlah *cluster k* optimal
7. Penggerombolan dengan metode *cluster* non hirarki
  - a. Menentukan *initial cluster*
  - b. Melakukan validitas internal
8. Membandingkan hasil *cluster* metode hirarki dan non hirarki
9. Profilisasi terhadap hasil *cluster* dengan metode terbaik
10. Interpretasi

## **IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN**

### **A. Analisis Deskriptif**

Penelitian ini tidak melakukan standarisasi data karena setiap variabel yang digunakan dalam menggerombolkan kabupaten/kota memiliki satuan yang sama, yakni ku/ha. Sebelum

melakukan analisis deskriptif, peneliti terlebih dahulu melakukan imputasi *missing value* pada beberapa kabupaten/kota dengan nilai provinsi. Dengan demikian, peneliti menggunakan semua kabupaten/kota, kecuali Kota Sibolga untuk mempertahankan keterwakilan data agar representatif. Analisis deskriptif pada penelitian ini secara umum bertujuan menggambarkan produktivitas tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara. Tanaman pangan merupakan salah satu dari kebutuhan dasar masyarakat.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Deskriptif

Tanaman Pangan	Min	Q1	Med	Mean	Q3	Maks
Jagung	38.90	43.57	48.14	48.83	52.29	67.09
Kacang Hijau	4.389	7.540	9.890	10.221	12.916	15.578
Kacang Kedelai	1.961	5.934	10.105	8.775	11.550	13.785
Kacang Tanah	3.779	8.694	10.470	9.729	11.071	13.440
Ubi Jalar	29.73	104.52	135.79	127.54	148.65	200.92
Ubi Kayu	174.7	233.8	278.8	278.0	318.8	401.5
Padi Sawah dan Ladang	34.97	42.69	47.00	47.52	51.75	58.30

Tabel 1 menunjukkan bahwa produktivitas tanaman pangan palawija ubi jalar dan ubi kayu memiliki range yang cukup tinggi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat *gap* produktivitas dari kedua jenis tanaman pangan tersebut di kabupaten/kota Provinsi Sumatera Utara. Pada tabel tersebut juga dapat ditunjukkan bahwa jenis tanaman pangan dengan rata-rata produktivitas tertinggi adalah ubi kayu dan ubi jalar. Sebaliknya, jenis tanaman pangan dengan rata-rata produktivitas terendah adalah kacang kedelai dan kacang tanah.

## **B. Analisis Inferensia**

### **Uji Non Multikolinearitas**

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis cluster adalah setiap variabel saling *orthogonal* atau tidak berkorelasi satu dengan yang lain. Uji non multikolinearitas bertujuan untuk mengidentifikasi korelasi di antara variabel. Asumsi tidak terpenuhi apabila antar variabel memiliki korelasi  $> 0,8$ . Dengan kata lain, terjadi multikolinearitas pada data.

**Tabel 2.** Hasil Uji Non Multikolinearitas

Tanaman Pangan	Jagung	Kacang Hijau	Kacang Kedelai	Kacang Tanah	Ubi Jalar	Ubi Kayu	Padi Sawah dan Ladang
Jagung	1.0000	-0.0498	0.0723	0.3296	0.1095	0.2922	0.5062
Kacang Hijau	-0.0498	1.0000	0.6072	0.2164	0.0953	0.0099	0.1779
Kacang Kedelai	0.0723	0.6072	1.0000	0.1068	-0.1213	0.1424	0.3299
Kacang Tanah	0.3296	0.21635	0.1068	1.0000	0.5213	0.5947	0.3007
Ubi Jalar	0.1097	0.0953	-0.1213	0.5213	1.0000	0.4131	0.0244
Ubi Kayu	0.2922	0.0099	0.1424	0.5947	0.4131	1.0000	0.4850
Padi Sawah dan Ladang	0.5062	0.1779	0.3299	0.3007	0.0244	0.4850	1.0000

Tabel 2 merupakan nilai korelasi antar variabel. Berdasarkan tabel tersebut dapat ditunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antar variabel dengan nilai  $> 0,8$ . Artinya, data sudah memenuhi asumsi dalam analisis *cluster*, yakni tidak terdapat multikolinearitas pada data. Dengan demikian, jarak *euclidean* dapat digunakan untuk menggerombolkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan produktivitas.

### Hasil Pengelompokkan dengan Metode Cluster Hirarki

Penggerombolan dilakukan secara bertahap. Untuk menentukan metode terbaik di antara metode cluster hirarki, maka digunakan korelasi *Cophenetic*. Metode dengan koefisien korelasi *Cophenetic* tertinggi merupakan metode terbaik dalam menggerombolkan kabupaten/kota.

**Tabel 3.** Koefisien Korelasi *Cophenetic*

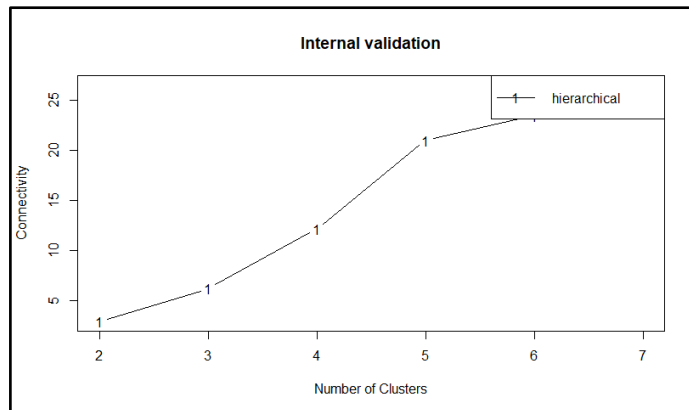
<i>Single linkage</i>	<i>Complete linkage</i>	<i>Average linkage</i>	<i>Centroid linkage</i>	<i>Ward's linkage</i>
0.5082	0.6590	0.6710	0.6486	0.6338

Berdasarkan Tabel 3 dapat ditunjukkan bahwa metode cluster hirarki dengan model terbaik adalah *average linkage*. Hal tersebut ditunjukkan dengan koefisien korelasi tertinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Dengan demikian, penggerombolan dengan metode cluster hirarki pada penelitian ini menggunakan *average linkage*. Selanjutnya, untuk menentukan jumlah cluster optimal dilakukan tahapan evaluasi cluster dengan indeks validitas antara lain indeks *Connectivity*, indeks *Silhouette*, dan indeks *Dunn*.

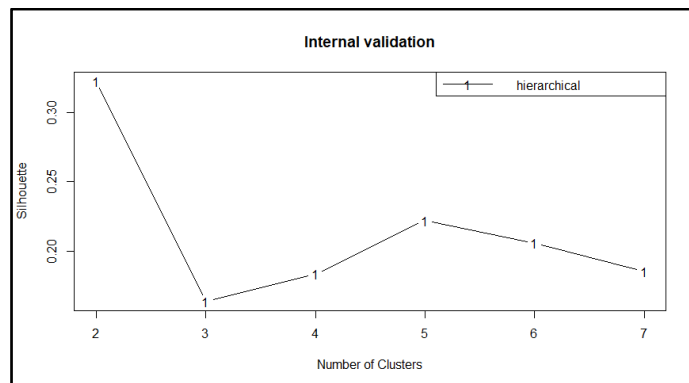
**Tabel 4. Evaluasi Model**

Indeks Validitas	Jumlah Cluster						
	2	3	4	5	6	7	8
<i>Connectivity</i>	7.7627	13.7329	19.0905	23.4258	25.1036	29.8401	31.8401
<i>Dunn</i>	0.2213	0.2277	0.2675	0.3281	0.3281	0.3526	0.3526
<i>Silhouette</i>	0.4279	0.3549	0.3650	0.3508	0.3379	0.3921	0.3814

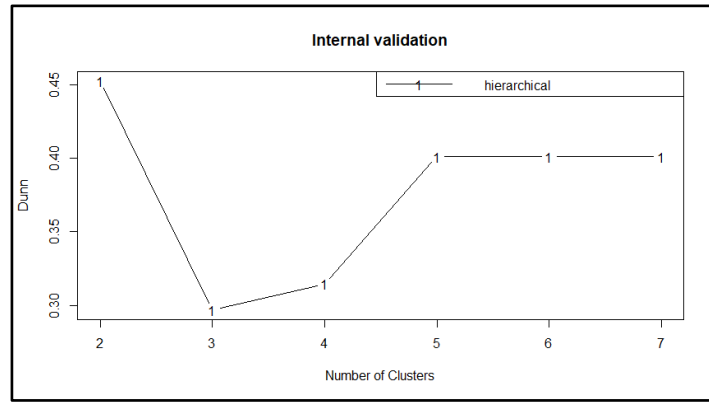
Tabel 4 merupakan hasil validasi internal yang bertujuan mengidentifikasi jumlah *cluster* optimal yang dapat dibentuk dengan metode hirarki *average linkage*. Tabel tersebut dapat digambarkan oleh Gambar 1. Berdasarkan tabel tersebut jumlah *cluster* optimal yang mampu menggerombolkan kabupaten/kota berdasarkan produktivitas adalah dua. Hal tersebut dapat ditunjukkan oleh indeks *connectivity* terendah dan indeks *silhouette* tertinggi berada pada jumlah *cluster* yang berjumlah dua dibandingkan dengan jumlah *cluster* lain. Sementara itu, indeks *dunn* menunjukkan bahwa jumlah *cluster* optimal yang dapat dibentuk adalah tujuh.



(a) Indeks *Connectivity*



(b) Indeks *Silhouette*



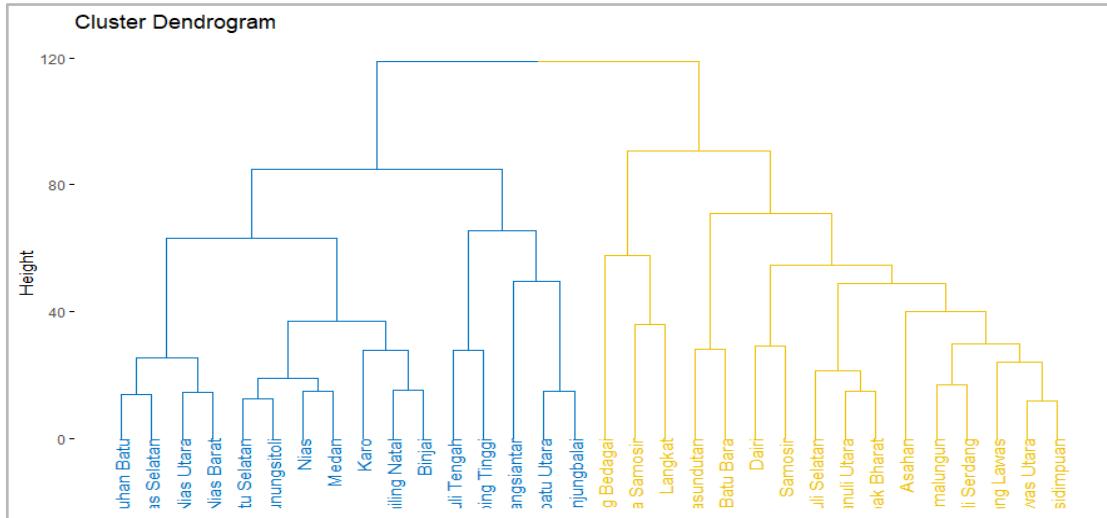
(c) Indeks *Dunn*

**Gambar 1.** Grafik indeks validitas internal

Dengan demikian, hasil penggerombolan kabupaten/kota berdasarkan produktivitas tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara dengan metode *hirarki average linkage* terdiri dari dua *cluster* (Tabel 5). Penggerombolan tersebut dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.

**Tabel 5.** Hasil Penggerombolan berdasarkan Metode *Average Linkage*

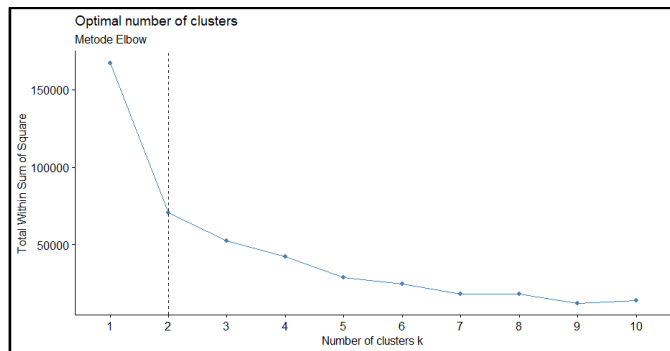
		<i>Cluster</i>	
Kabupaten /kota	1	2	
Kabupaten	Nias, Mandailing Natal, Tapanuli Tengah, Labuhan Batu, Karo, Nias Selatan, Labuhanbatu Selatan, Labuhanbatu Utara, Nias Utara, dan Nias Barat	Tapanuli Selatan, Tapanuli Utara, Toba Samosir, Asahan, Simalungun, Dairi, Deli Serdang, Langkat, Humbang Hasundutan, Pakpak Bharat, Samosir, Serdang Bedagai, Batu Bara, Padang Lawas Utara, dan Padang Lawas.	
Kota	Tanjungbalai, Pematangsiantar, Tebing Tinggi, Medan, Binjai, dan Gunungsitoli.	Padang Sidempuan	



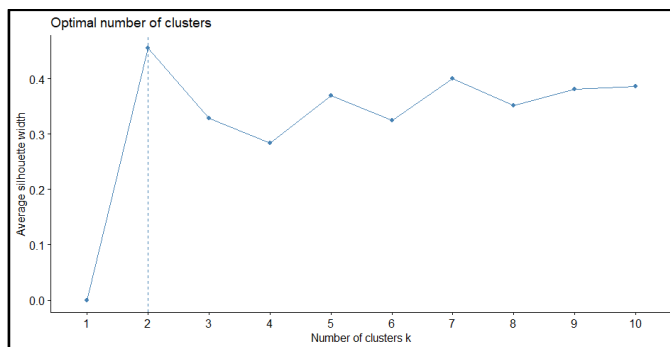
**Gambar 2.** Dendrogram metode hirarki *average linkage*

**Hasil Penggerombolan dengan Metode Cluster Non Hirarki**

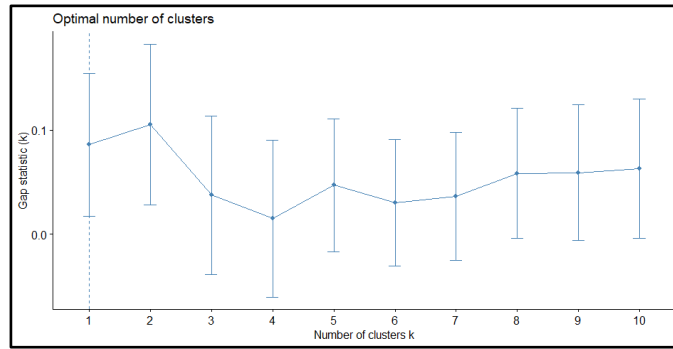
Penggerombolan dengan metode *cluster* non hirarki pada penelitian ini menggunakan *K-Means Clustering*. Sebelum menggerombolkan setiap kabupaten/kota ke dalam *cluster*, maka terlebih dahulu ditentukan jumlah *cluster* optimal terhadap produktivitas tanaman pangan kabupaten/kota. Untuk menentukan jumlah *cluster* yang optimal tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Elbow*, koefisien *Silhouette*, dan *gap* statistik.



(a) Metode *Elbow*



(b) Koefisien *Silhouette*



(c) Metode Gap Statistik

**Gambar 3.** Penentuan jumlah *cluster* terbaik

Hasil metode *Elbow* Gambar 3(a) menunjukkan bahwa jumlah *cluster* optimal adalah dua. Hal tersebut ditunjukkan dengan *total within sum of square* yang turun secara signifikan pada *cluster* tersebut, yakni ditandai dengan garis yang curam atau pola siku. Jumlah *cluster* terbaik juga dapat diidentifikasi dengan koefisien *silhouette* terbesar Gambar 3(b), yakni jumlah *cluster* optimal adalah dua. Selain itu, metode *gap* statistik juga menunjukkan bahwa jumlah *cluster* yang optimal adalah dua ditunjukkan dengan garis paling tinggi.

Berdasarkan ketiga metode dalam menentukan jumlah *cluster* tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah *cluster* optimal dalam menggerombolkan kabupaten/kota menurut produktivitas tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara adalah dua (Tabel 6). Penggerombolan tersebut dapat ditunjukkan oleh Gambar 4.

**Tabel 6.** Hasil Penggerombolan berdasarkan Metode *K-Means Clustering*

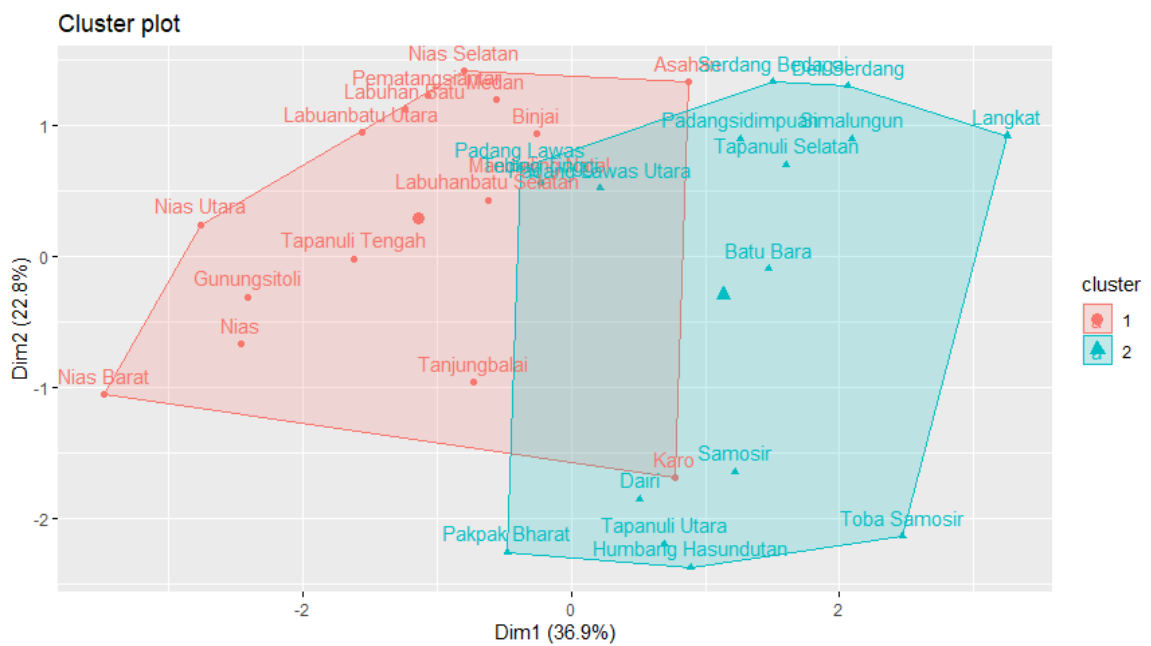
Kabupaten/kota	Cluster	
	1	2
Kabupaten	Nias, Mandailing Natal, Tapanuli Tengah, Labuhan Batu, Asahan, Karo, Nias Selatan, Labuhanbatu Selatan, Labuhanbatu Utara, Nias Utara, dan Nias Barat	Tapanuli Selatan, Tapanuli Utara, Toba Samosir, Simalungun, Dairi, Deli Serdang, Langkat, Humbang Hasundutan, Pakpak Bharat, Samosir, Serdang Bedagai, Batu Bara, Padang Lawas Utara, dan Padang Lawas.
Kota	Tanjungbalai, Pematangsiantar, Medan, Binjai, dan Gunungsitoli.	Tebing Tinggi dan Padang Sidempuan

Selanjutnya, sama halnya dengan metode hirarki, pada jumlah *cluster* non hirarki *K-Means Clustering* juga dilakukan validasi internal. Hal tersebut bertujuan menguji ketepatan dari jumlah *cluster* yang dihasilkan.

**Tabel 7. Evaluasi Model**

Indeks Validitas	Jumlah Cluster					
	2	3	4	5	6	7
<i>Connectivity</i>	7.7115	19.1659	24.7647	25.1111	27.9440	32.6806
<i>Dunn</i>	0.2052	0.2129	0.2249	0.3042	0.3076	0.4137
<i>Silhouette</i>	0.4548	0.3287	0.3316	0.3493	0.3403	0.4006

Berdasarkan validitas internal dengan ketiga indeks di atas terhadap kedua metode tersebut baik hirarki maupun non hirarki, maka metode terbaik yang digunakan pada penelitian ini adalah *K-Means Clustering*. Jumlah *cluster* optimal dengan metode tersebut adalah dua dengan penggerombolan kabupaten/kota pada Tabel 6. Tahapan selanjutnya adalah profilisasi dengan mengidentifikasi karakteristik dari masing-masing *cluster* yang telah terbentuk. Penelitian ini menggunakan ukuran pemusatan rata-rata seperti pada Tabel 7.



**Gambar 4.** Penentuan jumlah *cluster* terbaik

**Tabel 8.** Profilisasi

<i>Cluster</i>	Jagung	Kacang Hijau	Kacang Kedelai	Kacang Tanah	Ubi Jalar	Ubi Kayu	Padi sawah dan ladang
1	47.2512	9.9970	8.0596	8.3034	106.4426	227.4638	45.6901
2	50.4002	10.4442	9.4902	11.1551	148.6276	328.5145	49.3409

Tabel 7 dapat ditunjukkan bahwa kabupaten/kota yang termasuk ke dalam *cluster* 1 cenderung memiliki rata-rata produktivitas jagung, kacang hijau, kacang kedelai, kacang tanah, ubi jalar, ubi kayu, dan padi yang rendah dibandingkan dengan *cluster* 2. Sebaliknya, kabupaten/kota dengan produktivitas jagung, kacang hijau, kacang kedelai, kacang tanah, ubi jalar, ubi kayu, dan padi cenderung lebih tinggi termasuk ke dalam *cluster* 2. Hasil penggerombolan ini sejalan dengan hasil penelitian Safruddin, dkk (2023) yang menggunakan variabel produksi jagung dan Afdhal Nur Riyadhoh, dkk (2021) terhadap seluruh komoditas tanaman pangan di Sumatera Utara.

## V. KESIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN, DAN REKOMENDASI

Penggerombolan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan produktivitas dari komoditas tanaman pangan tahun 2010-2020 dilakukan menggunakan metode *average linkage* dan *K-Means Clustering* menghasilkan jumlah gerombol optimal yang sama. Metode *K-Means Clustering* lebih baik dalam menggerombolkan kabupaten/kota. *Cluster* 1 merupakan *cluster* dengan produktivitas tanaman rendah, sedangkan *cluster* 2 merupakan *cluster* dengan produktivitas tanaman pangan tinggi. Hal ini dapat dijadikan acuan bagi pemerintah dalam mengambil kebijakan untuk memaksimalkan potensi tanaman pangan kabupaten/kota di Sumatera Utara. Saran pada penelitian selanjutnya adalah dengan menambah periode data sehingga diperoleh hasil yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afdhah Nur Riyadhoh, dkk. (2021). Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Produksi Tanaman Pangan Sumatera Utara Tahun 2020 Menggunakan Pengelompokan Hirarki Aglomeratif. *KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika*. Vol.6 No. 2 Edisi November 2021
- Alfina, T., B. Santosa, and A. R. Barakbah (2012). Analisa perbandingan metode hierarchical clustering, k-means dan gabungan keduanya dalam cluster data (studi kasus: Problem kerja praktek teknik industri its). *Jurnal Teknik ITS* 1(1), A521–A525.
- BPS Provinsi Sumatera Utara. (2021). Statistik Tanaman Pangan (Padi dan Palawija) Provinsi Sumatera Utara 2021. Diakses melalui

- <https://sumut.bps.go.id/publication/2022/12/30/fb2e99417e755574546d413f/statistik-tanaman-pangan--padi-dan-palawija--provinsi-sumatera-utara-2021.html> pada 7 Januari 2023.
- Halim, N. N., & Widodo, E. (2017). Clustering Dampak Gempa Bumi di Indonesia Menggunakan Kohonen Self Organizing Maps (SOM). *Prosiding SI MaNIs (Seminar Nasional Integrasi Matematika Dan Nilai-Nilai Islami)*, 1(1): 188–194.
- Johnson, R.A. and Winchern, D.W. 2007. “Applied Multivariate Statistical Analysis”. Pearson Education International. USA.
- Johnson, S.C. (1967). “Hierarchical Clustering Schemes”. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Mattjik, A.A., Sumertajaya I.M. (2011). *Sidik Peubah Ganda Dengan Menggunakan SAS*. Bogor: IPB Press.
- M. Khajvand dan M. J. Tarokh, (2011). “Estimating Customer Future Value of Different Customer Segments Based on Adapted RFM Model in Retail Banking Context,” *Procedia Computer Science*, vol. 3, p. 1327–1332.
- Safitri, E., dkk. (2018). Penggerombolan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Produktivitas Tanaman Pangan Tahun 2005-2015 Menggunakan Metode K-Error. *Xplore 2* (1), 25-32.
- Safuruddin, dkk (2023). Pengelompokan Produksi Tanaman Jagung di Sumatera Utara Menggunakan Algoritma K-Medoids. *Jurnal Media Informatika Budidarma*. Volume 7, Nomor 1, Januari 2023, Page 484-491

## **DETERMINAN KEMISKINAN DI SUMATERA UTARA 2017-2021 DENGAN REGRESI DATA PANEL**

*Determinants of Poverty in North Sumatra in 2017-2021 using Panel Data  
Regression Analysis*

Madeline Elfriede\*, Dwi Ari Suryawan\*\*

\*BPS Kabupaten Labuhanbatu

\*\* BPS Kabupaten Barito Selatan, E-mail:ari.suryawan@bps.go.id

### **ABSTRAK**

Kemiskinan merupakan permasalahan yang cukup sering dihadapi negara berkembang. Kemiskinan merupakan ketidakmampuan manusia dalam memenuhi kebutuhan dasarnya. Provinsi Sumatera Utara menunjukkan persentase kemiskinan di sekitar angka 8-9 persen, dimana angka ini masih terbelang jauh dari target pembangunan berkelanjutan pada tahun 2030. Oleh karena itu, kajian mengenai kemiskinan masih perlu diperhatikan. Penelitian ini menggunakan metode regresi data panel, yaitu berupa gabungan dari data *time series* dan *cross section*. Adapun individu yang diteliti berupa kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara dengan periodenya dimulai dari 2017 hingga 2021. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) dan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) berpengaruh terhadap penurunan kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2017-2021, sementara Indeks Pembangunan Manusia (IPM) tidak berpengaruh signifikan terhadap kemiskinan di Sumatera Utara.

Kata kunci: Kemiskinan, Sumatera Utara, IPM, PDRB, TPT, Data Panel

### **ABSTRACT**

*Poverty is a common problem faced by developing countries. Poverty itself is defined as the inability of a person to meet basic human needs. North Sumatra Province shows a poverty percentage of around 8-9 percent, which is still far from the target of sustainable development in 2030. Therefore, studies on poverty still need attention. This research uses panel data regression method, which is a combination of cross section and time series data. The individuals studied were districts/cities in North Sumatra Province with periods starting from 2017 to 2021. Based on the results of the study, it was found that Gross Regional Domestic Income (GRDP) and Open unemployment rate had an effect on reducing poverty on North Sumatra in 2017 -2021, while the Human Development Index (HDI) has no significant effect on poverty in North Sumatra.*

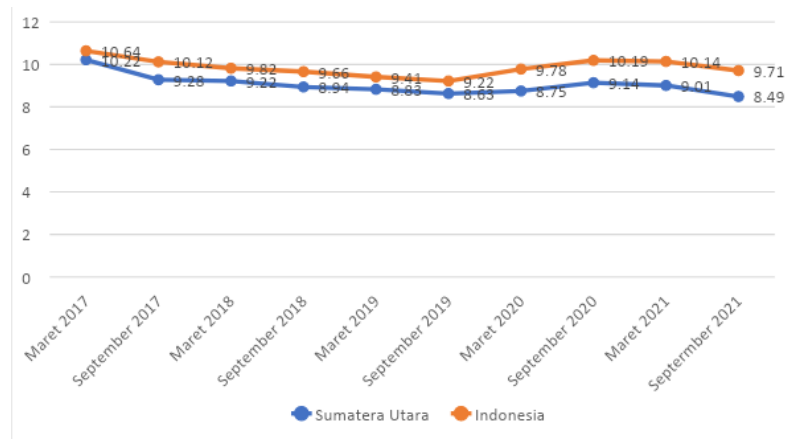
*Keyword: Poverty, North Sumatera, HDI, GRDP, unemployment rate, Panel Data*

## **I. PENDAHULUAN**

Kemiskinan apabila dilihat dari sisi ekonomi merupakan ketidakmampuan seseorang dalam memenuhi kebutuhan dasarnya (BPS, 2022). Sementara berdasarkan KBBI (2021), kemiskinan dapat diartikan sebagai kondisi dimana seseorang hanya dapat memenuhi kebutuhan sandang, papan, dan pangan secara minimum. Kemiskinan merupakan permasalahan yang kompleks karena berkaitan dengan kesejahteraan masyarakat dan mempengaruhi banyak aspek dalam kehidupan masyarakat, terutama di negara berkembang (Murdiyana & Mulyana, 2017; Yuniarti, 2010; Zuhdiyati et al., 2017). Kemiskinan sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti factor sosial, ekonomi, dan demografi (Priseptian & Primandhana, 2022). Mengingat permasalahan kemiskinan yang memerlukan perhatian khusus, PBB dalam tujuan pembangunan berkelanjutan (SDG's) menjadikan pengentasan kemiskinan di tahun 2030 sebagai tujuan pertama (United Nation, 2023).

Layaknya negara-negara lain, Indonesia juga tak luput dari permasalahan terkait kemiskinan. Menurut data Badan Pusat Statistik, persentase penduduk miskin di Indonesia masih berada di angka 9-10%. Dengan kata lain sembilan sampai sepuluh dari seratus penduduk Indonesia merupakan penduduk miskin. Kondisi ini semakin diperparah dengan adanya pandemi Covid-19 yang mempengaruhi perekonomian seluruh dunia, termasuk Indonesia terutama di sektor rumah tangga (Syukur et al., 2021). Indonesia sendiri pada tahun 2017-2021 memiliki 34 Provinsi yang memiliki otonomi khusus dalam mengatur daerahnya. Kemampuan tiap-tiap provinsi dalam mengatasi kemiskinan di provinsinya tentu memiliki andil terhadap kemiskinan di Indonesia.

Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2017 dan tahun 2021, Sumatera Utara menempati peringkat ke-17 dari 34 provinsi di Indonesia dengan penduduk miskin terbanyak. Jika dibandingkan dengan Provinsi lainnya yang ada di Kawasan pulau Sumatera (Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Kep. Bangka Belitung, dan Kep. Riau), Sumatera Utara menduduki peringkat ke-5 dengan persentase penduduk miskin tertinggi pada tahun 2021. Gambar 1 menunjukkan pergerakan dari kemiskinan yang ada di Sumatera dan Indonesia selama tahun 2017-2021.



**Gambar 1.** Persentase penduduk miskin di Sumatera Utara dan Indonesia tahun 2017-2021

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa kemiskinan di Sumatera Utara Bergerak di sekitaran angka 8-9 Persen, sedangkan persentase penduduk miskin di seluruh wilayah Indonesia berada di angka 9-10 Persen. Kedua angka ini masih cukup jauh dari target pembangunan berkelanjutan yang menargetkan kemiskinan nol persen di seluruh dunia pada tahun 2030. Karenanya, studi lebih lanjut terkait kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara masih perlu dikaji lebih dalam. Agar dapat menghasilkan analisis yang baik, diperlukan metode analisis yang sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan data yang ada.

Pada kasus kemiskinan di Sumatera Utara, tersedia data persentase penduduk miskin dari seluruh kabupaten/kota yang ada di Sumatera Utara pada tahun 2017 sampai 2021. Penggunaan metode yang tepat diperlukan untuk dapat menangkap fenomena kemiskinan antar kabupaten/kota serta perbedaannya dari tahun ke tahun. Howles pada tahun 1950 memperkenalkan suatu model regresi yang mampu mengakomodir data dengan jenis gabungan (*cross section* dan *time series*) (Alamsyah et al., 2020). Analisis data panel diperlukan untuk dapat menganalisa data yang bersifat series dan observasi per entitas tanpa mengabaikan salah satunya (*Series* atau *Cross sectional*).

Dengan permasalahan yang ada, dirumuskan beberapa tujuan dari penelitian. Tujuan pertama adalah untuk melihat gambaran dari kemiskinan yang ada di Sumatera Utara pada tahun 2017-2018. Kemudian tujuan kedua untuk menyimpulkan variabel yang berpengaruh terhadap persentase penduduk miskin secara simultan. Tujuan terakhir adalah untuk menyimpulkan ada atau tidak variabel yang memengaruhi persentase penduduk miskin per variabel.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait kemiskinan telah banyak dilakukan. Kemiskinan juga sering diukur dari berbagai pendekatan seperti pendapatan, pengeluaran, serta kesejahteraan (Wagle, 2002).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa variabel pertumbuhan ekonomi, tingkat pengangguran terbuka, dan IPM menunjukkan adanya pengaruh secara simultan terhadap kemiskinan (persentase penduduk miskin) (Zuhdiyati et al., 2017). Penelitian Zuhdiyati, dkk. juga menyatakan bahwa IPM berpengaruh signifikan terhadap persentase kemiskinan di Indonesia. Selain itu diketahui bahwa pengangguran dan pertumbuhan ekonomi yang didekati dengan PDRB memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemiskinan (Diah Retnowati, 2015). Sementara, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial terhadap kemiskinan (Mukhtar et al., 2019; Zuhdiyati et al., 2017).

Apabila ditinjau dari sisi ekonomi, Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan bahwa kemiskinan merupakan ketidakmampuan seseorang dalam memenuhi kebutuhan dasar makanan dan bukan makanan yang didekati melalui pengeluarannya. Lebih lanjut, penduduk dikategorikan sebagai miskin apabila rata-rata pengeluaran per kapita per bulannya di bawah garis kemiskinan. Pada penelitian ini, persentase penduduk miskin digunakan sebagai variabel dependen. Kuncoro, 2006 (dalam Dama, 2016) menyebutkan bahwa beberapa penyebab kemiskinan ialah karena penduduk masih menggantungkan diri pada sektor pertanian yang subsisten, metode produksi tradisional, dan sikap apatis terhadap lingkungan.

PDRB merupakan nilai akhir dari barang dan jasa yang diproduksi oleh seluruh unit usaha. Damanik, dkk (2020) menyebutkan bahwa kemampuan daerah dalam mengelola sumberdaya daerahnya berdampak terhadap nilai PDRB wilayah itu sendiri. PDRB atas dasar harga berlaku digunakan untuk melihat sektor ekonomi yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu wilayah. Sementara PDRB atas dasar harga konstan bertujuan untuk melihat pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut. Dama, dkk (2016) menuliskan bahwa kualitas konsumsi rumah tangga menentukan menurunnya PDRB. Lebih lanjut dijelaskan, apabila tingkat pendapatan penduduk terbatas akan berdampak pada perubahan pola konsumsi rumah tangga ke barang paling murah serta jumlah barang yang berkurang.

World Bank (dalam Zuhdiyati 2017) menyatakan bahwa pendidikan memberikan peluang bagi penduduk miskin untuk keluar dari kemiskinan. Untuk melihat indikator pendidikan dapat dilihat melalui Indeks Pembangunan Manusia. Selain itu, BPS menyebutkan IPM dapat menjelaskan mengenai bagaimana penduduk mampu mengakses hasil pembangunan untuk memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya. IPM dapat mengukur keberhasilan dari upaya pembangunan kualitas hidup masyarakatnya. Oleh karena itu, IPM juga dapat berpengaruh terhadap tingkat kemiskinan suatu daerah.

Kemudian salah satu penyebab kemiskinan lainnya ialah pengangguran. Pengukuran dari variabel ini melalui Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) yaitu berupa persentase jumlah

pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja, dimana angkatan kerja merupakan penduduk usia kerja yang aktif bekerja ataupun punya pekerjaan namun sementara tidak bekerja (BPS).

Data *cross-sectional* yang memiliki runtunan waktu disebut data panel (Xu et al, 2007). Lebih lanjut disebutkan bahwa salah satu keuntungan menggunakan data panel adalah menambah jumlah observasi untuk dianalisis. Salah satu metode analisis untuk menganalisa data data panel adalah regresi panel. Regresi Panel terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *common model* atau biasa disebut CEM, *fixed model* (FEM), serta *random effect model* (REM). Pada regresi panel diperlukan pengujian yang sesuai dengan prosedur yang berlaku diperlukan untuk mendapatkan model yang tepat dan sesuai.

### **III. METODE PENELITIAN**

Pendekatan kuantitatif digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan data sekunder. Penelitian ini menggunakan data yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) dengan rentang tahun 2017-2021. Variabel pada penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu variabel independen dan dependen. Variabel dependen pada penelitian ini adalah persentase penduduk miskin di Sumatera Utara pada tahun 2017-2021 per kabupaten/kota. Kemudian variabel independen yang digunakan adalah IPM, TPT, dan PDRB pada tahun 2017-2021 per kabupaten/kota di Sumatera Utara.

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan inferensial. Adapun analisis deskriptif digunakan guna melihat karakteristik dan gambaran secara umum variabel yang digunakan. Kemudian analisis inferensial digunakan untuk pengambilan kesimpulan berdasarkan keputusan dari pengujian statistik.

Penelitian ini melakukan transformasi berupa logaritma natural (LN) terhadap variabel PDRB dan persentase kemiskinan. Transformasi dapat dilakukan untuk mengatasi pelanggaran terhadap asumsi klasik, seperti asumsi normalitas. Selain itu, penggunaan transformasi dapat membantu dalam proses interpretasi dari model yang diperoleh.

Penelitian ini menggunakan metode regresi data panel guna melihat pengaruh dari variabel pertumbuhan ekonomi, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), serta Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terhadap persentase kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. Data panel merupakan gabungan dari data *cross section* dan *time series*. Kelebihan dari data panel ialah mampu memberikan data yang lebih informatif dan melihat heterogenitas data (Gujarati, 2004). Terdapat tiga model yang dijadikan pendekatan pada regresi data panel, diantaranya adalah *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), *Random Effect Model* (REM).

Penentuan model terbaik dilakukan dengan pengujian formal. Uji formal yang dilakukan diantaranya uji *chow* untuk melihat apakah model FEM lebih baik dibandingkan CEM. Apabila diperoleh keputusan tolak  $H_0$ , maka model FEM lebih baik dibandingkan model REM. Selanjutnya, perlu dilakukan uji hausman untuk melihat model FEM lebih baik dibandingkan REM dengan kata lain uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara *regressor* dengan efek individunya. Apabila keputusan yang diperoleh adalah tolak  $H_0$ , maka FEM lebih baik dibandingkan REM. Lalu uji Breusch-Pagan Lagrange Multiplier (BP-LM) yang digunakan untuk menentukan model REM dengan CEM.

Setelah diketahui model terbaik, maka dilanjutkan dengan uji asumsi klasik berupa uji normalitas dan non-multikolinearitas. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan metode Jarque-Bera. Sementara nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) digunakan untuk melihat apakah asumsi non-multikolinearitas terpenuhi atau tidak.

#### IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

Kemiskinan dalam penelitian ini didekati dengan pendekatan persentase penduduk miskin berdasarkan kota dan kabupaten. Adapun data persentase penduduk miskin yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel di bawah, diketahui bahwa persentase penduduk miskin tertinggi terjadi di Nias Utara pada tahun 2017 dengan angka sebesar 29,06%. Sedangkan kemiskinan terendah ada di Deli Serdang pada tahun 2020 dengan angka sebesar 3,88%. Selisih nilai terendah dan tertinggi dari persentase kemiskinan yang ada cukup tinggi, yaitu sekitar 25%.

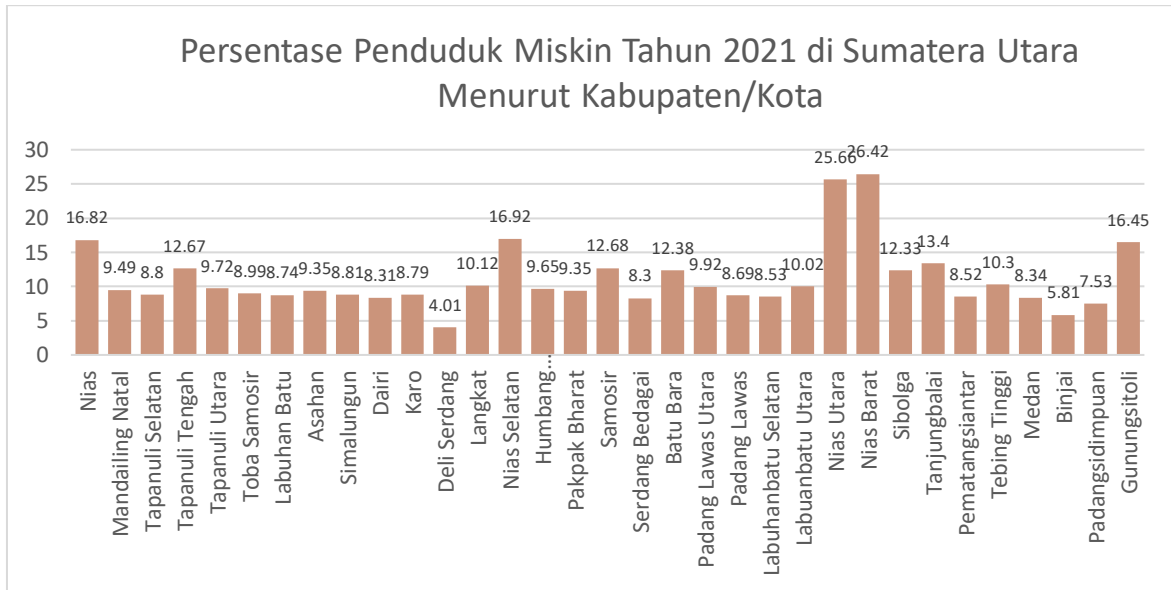
**Tabel 1.** Persentase Penduduk Miskin berdasarkan Kabupaten/Kota Provinsi Sumatera Utara Tahun 2017-2021

Kabupaten/kota	TAHUN				
	2017	2018	2019	2020	2021
Nias	18.11	16.37	15.94	16.60	16.82
Tapanuli Tengah	14.66	13.17	12.53	12.38	12.67
Tapanuli Utara	11.35	9.75	9.48	9.37	9.72
Toba Samosir	10.19	8.67	8.60	8.71	8.99
Labuhan Batu	8.89	8.61	8.44	8.44	8.74
Asahan	11.67	10.25	9.68	9.04	9.35
Simalungun	10.65	9.31	8.81	8.46	8.81
Dairi	8.87	8.20	7.70	8.04	8.31
Karo	9.97	8.67	8.23	8.70	8.79
Deli Serdang	4.62	4.13	3.89	3.88	4.01

Kabupaten/kota	TAHUN				
	2017	2018	2019	2020	2021
Langkat	11.15	10.20	9.91	9.73	10.12
Nias Selatan	18.48	16.65	16.45	16.74	16.92
Humbang Hasundutan	9.85	9.00	8.75	9.36	9.65
Pakpak Bharat	10.53	9.74	9.27	9.28	9.35
Samosir	14.72	13.38	12.52	12.48	12.68
Serdang Bedagai	9.30	8.22	7.90	7.97	8.30
Batu Bara	12.48	12.57	12.14	11.88	12.38
Padang Lawas Utara	10.70	10.06	9.60	9.70	9.92
Padang Lawas	9.10	8.41	8.28	8.37	8.69
Labuhanbatu Selatan	11.63	10.00	8.94	8.34	8.53
Labuhanbatu Utara	11.28	10.12	9.57	9.53	10.02
Nias Utara	29.06	26.56	24.99	25.07	25.66
Nias Barat	27.23	26.72	25.51	25.69	26.42
Sibolga	13.69	12.38	12.36	11.95	12.33
Tanjungbalai	14.46	14.64	14.04	13.33	13.40
Pematangsiantar	10.10	8.70	8.63	8.27	8.52
Tebing Tinggi	11.90	10.27	9.94	9.85	10.30
Medan	9.11	8.25	8.08	8.01	8.34
Kabupaten/kota	TAHUN				
	2017	2018	2019	2020	2021
Gunungsitoli	21.66	18.44	16.23	16.41	16.45

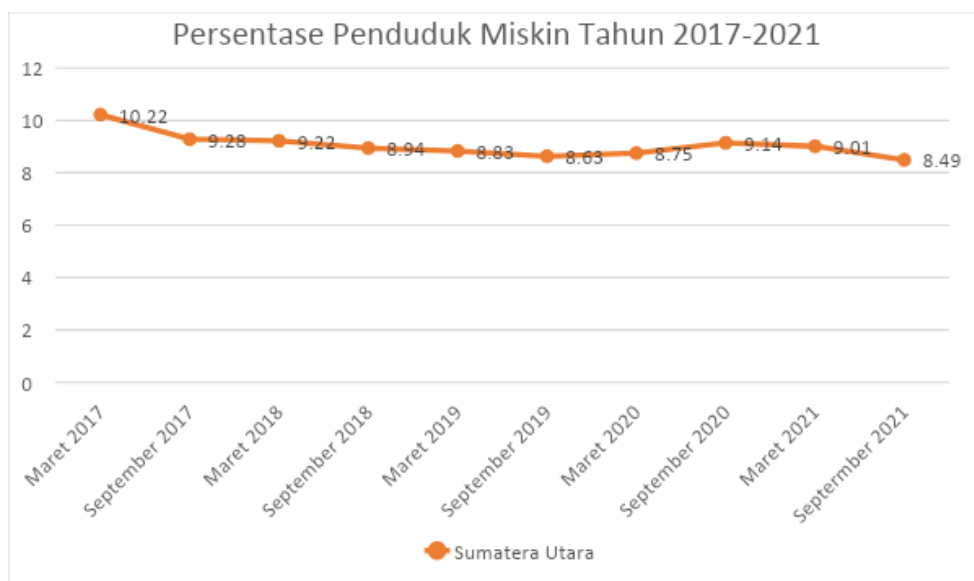
Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Persentase penduduk miskin cukup bervariasi pada setiap kabupaten/kotanya. Terlihat dari tabel 1 menunjukkan perbedaan angka yang cukup tinggi antar kabupaten/kota untuk beberapa kabupaten. Pada tahun 2021 secara keseluruhan kemiskinan di Sumatera Utara cukup homogen di angka 8%-9%. Berdasarkan grafik di bawah, diketahui beberapa kabupaten yang memiliki persentase penduduk miskin dengan angka yang cukup tinggi dan terlihat ekstrem perbedaannya seperti pada Nias Utara dan Nias Barat, diikuti oleh Nias dan Gunung Sitoli. Sedangkan yang memiliki angka persentase penduduk miskin yang rendah dan terlihat perbedaannya secara deskriptif di tahun 2021 adalah Deli Serdang diikuti oleh Binjai, di bawah angka 6%.



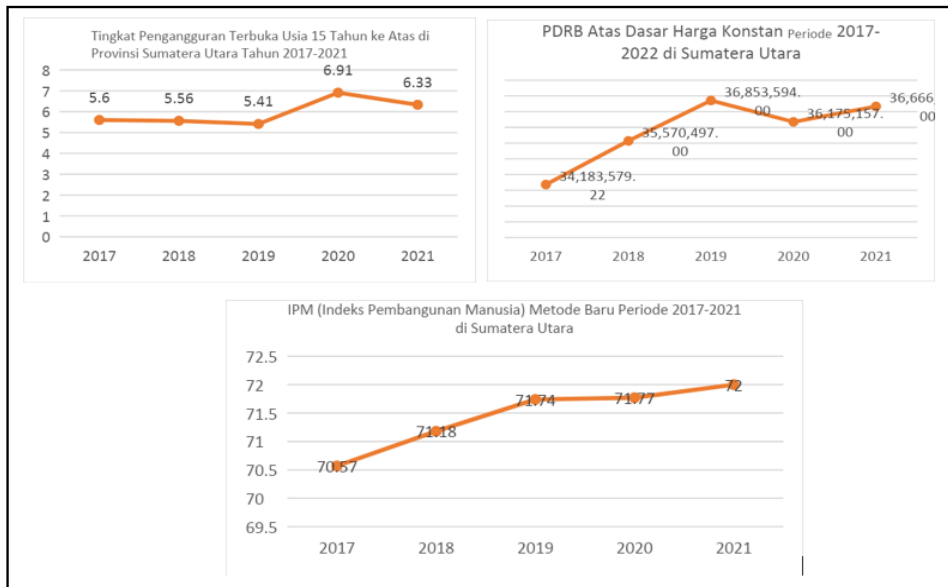
**Gambar 2.** Persentase Penduduk Miskin Tahun 2021 di Sumatera Utara menurut Kabupaten/Kota  
 Sumber: Badan Pusat Statistik

Secara umum, persentase penduduk miskin menunjukkan penurunan setiap tahunnya di Sumatera Utara. Gambar 3 yang menunjukkan adanya penurunan persentase penduduk miskin dari tahun 2017 yang berada di angka 10,22% menjadi 8,49% pada tahun 2021. Sedikit patahan kenaikan persentase penduduk miskin terjadi di tahun 2020. Kenaikan dari persentase penduduk miskin ini terjadi karena dampak pandemik Covid-19 yang merebak pada tahun 2020. Pada tahun 2021 terjadi sedikit penurunan karena dampak dari pandemi yang ada sudah mulai menurun (Sinaga et al., 2022).



**Gambar 3.** Persentase Penduduk Miskin di Sumatera Utara pada Tahun 2017-2021  
 Sumber: Badan Pusat Statistik

Dampak dari pandemi covid yang terjadi juga mempengaruhi variabel TPT, IPM, dan PDRB. Berdasarkan gambar di bawah, patahan selalu terjadi pada tahun 2020. Walaupun demikian, secara keseluruhan untuk variabel IPM dan PDRB di Sumatera Utara terus mengalami pertumbuhan untuk periode 2017-2021, ini menunjukkan sinyal yang positif terhadap perkembangan kesejahteraan masyarakat Sumatera Utara. TPT pada tahun 2017-2019 mengalami penurunan, artinya penduduk usia 15 tahun ke atas yang merupakan angkatan kerja yang menganggur menurun. Namun pada tahun 2020 terjadi kenaikan pada TPT, walaupun pada tahun 2021 terjadi penurunan dibandingkan tahun 2020 akan tetapi angka ini masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2017-2019.



**Gambar 4.** TPT, PDRB ADHK, dan IPM Provinsi Sumatera Utara Tahun 2017-2021

Sumber: Badan Pusat Statistik

Secara keseluruhan untuk variabel persentase kemiskinan terjadi penurunan pada periode tahun 2017-2021. Sebaliknya untuk variabel PDRB dan IPM terjadi peningkatan nilai untuk periode tahun 2017-2021. Hal ini menunjukkan sinyal positif terkait kesejahteraan masyarakat yang ada di Sumatera Utara. Sedangkan untuk variabel TPT menunjukkan nilai yang stagnan namun cenderung meningkat. Secara keseluruhan terjadi patahan pada tahun 2020, hal ini disebabkan oleh dampak pandemi yang terjadi pada tahun 2020 yang mempengaruhi berbagai macam aspek (Mishra et al., 2020)

**Hasil Pemodelan Regresi Panel**

Dalam melakukan regresi data panel, diperlukan beberapa tahap untuk menentukan model estimasi terbaik. Hal pertama yang perlu dilakukan ialah melakukan uji chow dengan

tujuan untuk melihat apakah model *common effect model* (CEM) lebih baik dibandingkan *fixed effect model* (FEM). Adapun hipotesis dari uji chow adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_{N-1} = 0 \text{ (Common Effect Model)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \mu_i \neq 0; i = 0,1,2, \dots, N - 1 \text{ (Fixed Effect Model)}$$

Berdasarkan tabel 2 yaitu hasil uji chow yang telah dilakukan, terlihat bahwa nilai probabilitas atau *p-value* kurang dari nilai 0.05 sehingga dapat diperoleh keputusan bahwa model FEM lebih baik dibandingkan dengan model CEM.

**Tabel 2.** Hasil Uji Chow

Effect Test	Statistics	d.f.	Prob.
Cross-section F	144.374448	(32.129)	0.0000
Cross-section Chi-square	594.969082	32	0.0000

$\alpha = 0.05$

Sumber: Hasil pengolahan data

Selanjutnya perlu dilakukan uji Hausman yang bertujuan untuk menentukan apakah *fixed effect model* (FEM) lebih baik dibandingkan dengan *random effect model* (REM). Adapun hipotesis dari uji Hausman adalah sebagai berikut

$$H_0 : E(X_{it}) = 0 \text{ (REM lebih baik dibandingkan FEM)}$$

$$H_1 : E(X_{it}) \neq 0 \text{ (FEM lebih baik dibandingkan REM)}$$

Pada tabel 3, terlihat bahwa nilai *p-value* yang dihasilkan lebih besar dari 0.05. Sehingga keputusan dari hasil uji yang telah dilakukan adalah gagal tolak  $H_0$ . Hal ini menunjukkan bahwa *random effect model* lebih baik dibandingkan dengan *fixed effect model*.

**Tabel 3.** Hasil Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	3.494673	3	0.3215

Sumber: Hasil pengolahan data

### **Pengujian Asumsi Klasik**

Sebelum dilakukan interpretasi terhadap model terpilih, terlebih dilakukan uji asumsi normalitas dan uji multikolinearitas terhadap model terpilih. Adapun hipotesis dari uji normalitas adalah sebagai berikut:

$H_0 : u_{it} \sim N(0, \sigma^2)$  residual berdistribusi normal

$H_1 : u_{it} \not\sim N(0, \sigma^2)$  residual tidak berdistribusi normal

Pada tabel 4, terlihat bahwa dengan uji Jarque-Bera, nilai *p-value* yang diperoleh sebesar 0.403980 dengan kata lain nilai *p-value* >  $\alpha = 0.05$  sehingga keputusan yang didapatkan ialah gagal tolak  $H_0$ . Oleh karena itu, asumsi normalitas dari model terpilih telah terpenuhi.

**Tabel 4.** Hasil Uji Normalitas

	Mean	Median	Max	Min	Std. Dev	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera	Prob.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nilai	2.76	-0.005016	0.5291	-0.689835	0.26	-0.211799	2.749198	1.666062	0.434730
			96		190				
					5				

Selanjutnya perlu dilakukan pendeteksian multikolinearitas untuk melihat apakah ada korelasi antar variabel independen dalam model. Nilai VIF dapat melihat apakah ada indikasi multikolinearitas pada model. Apabila nilai VIF dari setiap variabel independen lebih dari 10, maka terdapat pelanggaran pada asumsi non multikolinearitas. Berdasarkan tabel 5, terlihat bahwa nilai VIF dari masing-masing variabel bebas bernilai kurang dari 10, sehingga asumsi non multikolinearitas telah terpenuhi.

**Tabel 5.** Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel	VIF
Ln_PDRB	2.682215
TPT	1.085024
IPM	2.759332

Sumber: Hasil pengolahan data

**Interpretasi Hasil**

*Random effect model* (REM) terpilih sebagai model untuk menggambarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. Nilai *adjusted R-squared* yang dihasilkan dari model yang terbentuk adalah 53,02 persen. Angka ini menunjukkan bahwa PDRB, TPT, dan IPM dapat menjelaskan variasi dari kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara sebesar 52,03 persen, sementara sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar model.

Selanjutnya perlu dilakukan uji simultan dengan hipotesis sebagai berikut

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \text{Minimal terdapat } \beta_i \neq 0 \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, K$$

Berdasarkan tabel 6, terlihat bahwa hasil uji simultan yaitu statistik uji F dengan nilai *p-value* yang kurang dari 0,05 menunjukkan keputusan tolak  $H_0$ . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa secara simultan variabel penjelas mempengaruhi kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. Dengan kata lain, setidaknya terdapat satu variabel independen yang berpengaruh terhadap variabel dependen.

**Tabel 6.** Ringkasan *output* model *random effect*

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-statistic	Prob.
C	9.702459	0.946699	10.24873	0.0000
Ln_PDRB*	-0.210559	0.076406	-2.755789	0.0065
TPT*	-0.052616	0.008520	-6.175756	0.0000
IPM	0.007628	0.004738	1.609838	0.1094
Adjusted R <sup>2</sup>	0.530231			
F-Statistic	62.70261			
F-prob.	0.000000			

*Ket: \*signifikan pada tingkat 5 persen*

Sumber: Hasil pengolahan data E-views

Selanjutnya diperlukan uji parsial menggunakan statistik uji-t untuk melihat variabel mana saja yang signifikan berpengaruh terhadap kemiskinan di Sumatera Utara. Berdasarkan tabel 6, variabel pertumbuhan ekonomi dan TPT berpengaruh terhadap kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara pada tingkat signifikansi 5 persen, sementara IPM tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. PDRB berpengaruh secara negatif terhadap persentase kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. Hal ini menunjukkan bahwa apabila PDRB mengalami peningkatan, maka persentase kemiskinan akan mengalami penurunan sebagaimana penelitian terdahulu seperti Yudistira, dkk (2016) dan Damanik, dkk (2020). PDRB yang terdistribusi secara merata akan menciptakan pembangunan di berbagai sektor lapangan pekerjaan dan turut berkontribusi terhadap penurunan persentase kemiskinan.

Selain itu, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, TPT juga turut berpengaruh terhadap penurunan persentase kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. Hal ini ditandai dengan tanda negatif pada koefisien yang tersaji di tabel 6. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yacoub (2012) yang menunjukkan bahwa tingkat pengangguran dapat berpengaruh negatif terhadap persentase kemiskinan. De Fina, 2002 (dalam Yacoub, 2012) bahwa pengukuran terhadap kemiskinan sangat berpengaruh terhadap hubungan pengangguran dengan kemiskinan itu sendiri. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), seseorang dikatakan bekerja apabila orang tersebut melakukan kegiatan ekonomi dengan tujuan memperoleh ataupun membantu memperoleh keuntungan selama paling sedikit satu jam tanpa henti. Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS selama tahun 2017 hingga 2021, pekerja dengan status tidak dibayar masih cukup mendominasi di Provinsi Sumatera Utara. Hal ini dapat menciptakan tingkat pengangguran yang menurun, namun tidak diikuti sertai dengan penurunan kemiskinan karena pendapatan yang diperoleh dari pekerja tersebut akan terbilang rendah. Persentase penduduk miskin terbesar di Provinsi Sumatera Utara berasal dari Kabupaten Nias Barat dan Nias Utara. Bila ditelaah, penduduk pada kabupaten tersebut mayoritas bekerja pada sektor pertanian sehingga tingkat kemiskinan masih terbilang tinggi.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian mengenai faktor yang memengaruhi persentase kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara, maka diperoleh beberapa kesimpulan. Diketahui bahwa kemiskinan di Sumatera Utara terus menurun secara persentase, namun terdapat sedikit kenaikan atau patahan pada tahun 2020, hal ini juga berlaku untuk variabel IPM, TPT, dan PDRB. Ketiga variabel bebas secara simultan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikatnya. Dari ketiga variabel bebas, terdapat dua variabel yang berpengaruh signifikan, yaitu variabel TPT (berpengaruh negatif) dan variabel PDRB (berpengaruh negatif).

Adapun beberapa saran yang bisa diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut. Kenaikan PDRB berpengaruh kepada persentase penduduk miskin, dengan kata lain meningkatnya perekonomian suatu wilayah akan ikut menurunkan kemiskinan di wilayah tersebut. TPT berpengaruh secara negatif dan signifikan kepada persentase penduduk miskin. Diperlukan alih sektor pekerjaan utama kepada pekerjaan yang lebih menguntungkan. Pengaruh TPT terhadap Persentase penduduk miskin yang negatif perlu ditelaah lebih lanjut, apa penyebab dari fenomena ini sehingga disarankan untuk penelitian lebih lanjut. Pada penelitian lebih lanjut, disarankan untuk memperbarui data dan menambahkan variabel yang memungkinkan. Bila memungkinkan, disarankan untuk meneliti dengan unit observasi terendah, yaitu rumah tangga.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, I., Esra, R., & Nohe, D. A. (2020). Analisis Regresi Data Panel. *Ideas Publishing*, 1–95.
- Damanik, Rapika Kesatriani & Sidauruk, Selna Aprilia. (2020). Pengaruh Jumlah Penduduk dan PDRB terhadap Kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Darma Agung*, 28(3).
- BPS. (2023). *Kemiskinan*. <https://Ppukab.Bps.Go.Id/Subject/23/Kemiskinan.Html#:~:Text=Untuk%20mengukur%20kemiskinan%2C%20BPS%20menggunakan,Yang%20diukur%20dari%20sisi%20pengeluaran.>
- KBBI. (n.d.). *Kemiskinan*. <https://Www.Kbbi.Web.Id/Kemiskinan>.
- Mukhtar, S., Saptono, A., & Arifin, A. S. (2019). Analisis Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia Dan Tingkat Pengangguran Terbuka Terhadap Kemiskinan Di Indonesia. *Ecoplan : Journal of Economics and Development Studies*, 2(2), 77–89. <https://doi.org/10.20527/ecoplan.v2i2.20>
- Murdiyana, M., & Mulyana, M. (2017). Analisis Kebijakan Pengentasan Kemiskinan Di Indonesia. *Jurnal Politik Pemerintahan Dharma Praja*, 10(1), 73–96. <https://doi.org/10.33701/jppdp.v10i1.384>
- United Nation. (2023). *SDG'S GOALS*. <https://sdgs.un.org/goals/goal1>
- Priseptian, L., & Primandhana, W. P. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kemiskinan. *Forum Ekonomi*, 4(2), 45–53. <https://doi.org/10.15408/ess.v4i2.1966>
- Syukur, M., Salam, M. N., & Junaidi, M. I. (2021). Dampak Pandemi Covid-19 terhadap Perekonomian Indonesia: Analisis terhadap Sektor Domestik dan Stabilitas Inflasi. *TRILOGI: Jurnal Ilmu Teknologi, Kesehatan, Dan Humaniora*, 2(3), 382–388. <https://doi.org/10.33650/trilogi.v2i3.3082>
- Wagle, U. (2002). Rethinking poverty: Definition and measurement. *International Social Science Journal*, 54(171), 155–165. <https://doi.org/10.1111/1468-2451.00366>
- Xu, H., Hwan Lee, S., & Ho Eom, T. (2007). *Introduction to Panel Data Analysis*. November. <https://doi.org/10.1201/9781420013276.ch32>
- Yuniarti, D. (2010). Fixed Effect Model pada Regresi Panel Dalam Pemodelan Persentase Penduduk Miskin Penduduk Miskin Di Provinsi Jawa Timur Tahun 2004-2008 (Fixed). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 1(2), 2085–7829.
- Yacoub, Yarlina. (2012). Pengaruh Tingkat Pengangguran terhadap Tingkat Kemiskinan Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Eksos*, 8(3), 176-185.
- Zuhdiyati, N., David, D. (2017). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan di Indonesia Selama Lima Tahun Terakhir (Studi Kasus Pada 33 Provinsi)*.