

Fuzzy Geographically Weighted Clustering Analysis for Sectoral Potential Gross Regional Domestic Product in West Sumatera

Syifa Nabilah Wandira, Zilrahmi*, Syafriandi, Fadhilah Fitri

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: zilrahmi@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 06 Oktober 2023

Revised : 30 Oktober 2023

Accepted : 31 Oktober 2023

ABSTRACT

Gross Regional Domestic Product (GRDP) is the sum of the added value of all goods and services produced or produced in an area that arises as a result of various economic activities in a certain period. Each region certainly has its own advantages and potential, such as in sectors or business fields. GRDP inequality occurs due to differences in geographical conditions and natural resources in each region. The method that can be used to overcome this inequality is cluster analysis. Cluster analysis can group data objects that have the same characteristics so that the inequality that occurs can be seen from the clusters formed. Fuzzy Geographically Weighted Clustering is a clustering method using fuzzy logic which gives a geographic effect to each cluster so that it can better describe the actual cluster situation. The results of research obtained 3 optimum clusters with different characteristics. Cluster 1 has high potential, cluster 2 has low potential and cluster 3 has medium potential in forming GRDP.

Keywords: *Gross Regional Domestic Product, Cluster Analysis, Fuzzy Geographically Weighted Clustering.*



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi Indonesia perlu ditingkatkan agar tujuan pembangunan ekonomi dapat tercapai. Pembangunan ekonomi ini bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat, meratakan distribusi pendapatan masyarakat, memperluas lapangan kerja dan meningkatkan hubungan ekonomi regional. Pertumbuhan ekonomi dapat dilihat berdasarkan kinerja pemerintahan daerah dalam pengelolaan sumber daya, pengembangan tiap sektor usaha dan mampu menggali potensi lokal daerah tersebut. Oleh karena itu, untuk melihat tercapainya pembangunan ekonomi secara regional serta mengetahui ekonomi suatu wilayah pada periode tertentu dapat menggunakan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). PDRB merupakan jumlah nilai tambah seluruh barang dan jasa yang dihasilkan atau diproduksi di suatu daerah yang timbul akibat berbagai aktivitas ekonomi dalam suatu periode tertentu (BPS Sumbar, 2022). Setiap wilayah tentu memiliki keunggulan dan potensinya masing-masing seperti pada sektor atau lapangan usaha. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah daerah untuk memahami sejauh mana sektor-sektor ini berkontribusi terhadap PDRB daerah dan untuk dapat menggali lebih dalam lagi potensinya (Sapriadi dan Hasbiullah, 2015).

Berdasarkan data di BPS bahwa laju pertumbuhan PDRB Provinsi Sumatera Barat cenderung menurun dari tahun 2017-2021. Pada tahun 2021, laju pertumbuhan PDRB Provinsi Sumatera Barat sebesar 3,29% masih berada dibawah rata-rata nasional sebesar 3,70%. Hal ini terjadi karena adanya ketidakmerataan dan ketimpangan PDRB diantara berbagai kabupaten dan kota di Provinsi Sumatera Barat. Ketimpangan tersebut dapat diatasi dengan mengelompokkan daerah berdasarkan sektor usaha yang berdampak pada PDRB. Dengan demikian, ini dapat membantu pemerintah daerah dalam meningkatkan potensi unggulan serta memaksimalkan potensi yang kurang unggul di masing-masing daerah (Yonarta, 2016). Metode yang dapat digunakan untuk mengelompokkannya yaitu analisis *cluster*. Analisis kluster merupakan suatu metode pengelompokkan data atau objek yang didasarkan atas informasi yang terkandung dalam data tersebut sehingga dapat menggambarkan objek serta hubungan didalamnya (Ningrat, Di Asih & Wuryandari, 2016).

Penelitian menggunakan analisis kluster yang dilakukan oleh Sara (2018) dengan membandingkan FCM dan FGWC untuk pengelompokkan Indikator Kesejahteraan Rakyat di Jawa Tengah. Hasil penelitiannya menunjukkan FGWC lebih baik dibandingkan FCM karena lebih sensitif terhadap efek geografis di dalam analisisnya. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Wasono dan Ismunarti (2022) membandingkan FCM dan FGWC pada data BOS Jawa Tengah. Hasil penelitiannya menunjukkan FGWC mampu memenuhi karakteristik

cluster yang baik dibandingkan FCM. Mason dan Jacobson (2007) mengembangkan suatu metode pengklasteran yang mengakomodasi efek geografis yaitu *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC). Metode ini menggunakan *fuzzy clustering* dimana masing-masing daerah diberikan nilai keanggotaannya pada masing-masing kelompok daripada hanya menetapkan karakteristik geografis ke satu kelompok sehingga dapat membantu mengatasi kesalahan interaksi spasial. Interaksi spasial merupakan pergerakan atau komunikasi antar wilayah yang berbeda. Jarak antara wilayah satu dengan wilayah lainnya dan jumlah penduduk yang mendiami suatu wilayah menjadi tolak ukur dalam mengukur kekuatan interaksi spasial antara kedua wilayah atau lebih (Irsyad & Syahnur, 2018).

FGWC ini lebih sensitif terhadap geografis karena pembobotannya yang melibatkan efek populasi dan efek jarak dalam perhitungan derajat keanggotaan pada tiap observasinya sehingga lebih menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Masing-masing wilayah di Provinsi Sumatera Barat memiliki karakteristik sumber daya yang berbeda-beda sehingga ini mempengaruhi sektor-sektor usaha PDRB. Pada sektor-sektor itu terdapat efek geografis didalamnya. Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian PDRB di Provinsi Sumatera Barat yang bertujuan untuk mengklasterkan kabupaten dan kota di Provinsi Sumatera Barat berdasarkan potensi-potensi sektor usaha PDRB menggunakan FGWC serta melihat karakteristik masing-masing kelompoknya.

II. METODE PENELITIAN

A. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari publikasi BPS Provinsi Sumatera Barat tahun 2021 mengenai PDRB menurut sektor usaha. Variabel penelitian yang digunakan adalah Pertanian, Kehutanan dan Perikanan (X_1), Pertambangan dan Penggalian (X_2), Industri Pengolahan (X_3), Pengadaan Listrik dan Gas (X_4), Pengadaan Air (X_5), Konstruksi (X_6), Perdagangan Besar dan Eceran, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor (X_7), Transportasi dan Pergudangan (X_8), Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum (X_9), Informasi dan Komunikasi (X_{10}), Jasa Keuangan (X_{11}), Real Estate (X_{12}), Jasa Perusahaan (X_{13}), Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib (X_{14}), Jasa Pendidikan (X_{15}), Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial (X_{16}), dan Jasa Lainnya (X_{17}).

B. Tahapan Analisis Data

Tahapan analisis FGWC dilakukan menggunakan bantuan *software R Studio*. Pengelompokan menggunakan analisis FGWC dilakukan dengan tahapan analisis sebagai berikut.

1. Menyusun data dalam bentuk matriks berukuran $n \times m$, dimana n merupakan banyak amatan yaitu 19 Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat dan m merupakan banyaknya sektor PDRB yaitu sebanyak 17 sektor usaha.
 2. Melakukan ringkasan statistik masing-masing variabel
 3. Menggunakan indeks validitas IFV untuk menentukan jumlah kluster yang optimal
- Menurut Hu dkk (2008), indeks validitas IFV sering digunakan untuk memvalidasi pengelompokan *fuzzy* dengan data spasial karena sifatnya yang kuat dan stabil. Ketika nilai IFV maksimum maka kualitas cluster semakin baik. Adapun rumus indeks IFV adalah sebagai berikut.

$$IFV = \frac{1}{c} \sum_j^c \left\{ \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \mu_{kj}^2 \left[\log_2 c - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \log_2 \mu_{kj} \right]^2 \right\} \frac{SD_{max}}{\bar{\sigma}_D} \quad (1)$$

Jarak maksimum antar pusat cluster dengan rumus sebagai berikut.

$$SD_{max} = \max_{k \neq j} \|V_k - V_j\|^2$$

Pembagi antara setiap objek data dan pusat cluster adalah sebagai berikut.

$$\bar{\sigma}_D = \frac{1}{c} \sum_j^c \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \|X_k - V_j\|^2 \right)$$

Dengan :

μ_{kj} : Keanggotaan objek data ke- j dalam kluster ke- k

N : Jumlah objek data

c : Jumlah kluster

V_k : Pusat kluster ke- k

4. Melakukan langkah-langkah algoritma FGWC. Adapun tahapan analisis FGWC menurut Nugroho (2019) adalah sebagai berikut.
 - a) Menentukan parameter awal

Parameter awal yang digunakan yaitu jumlah kluster yang dibentuk ($k \geq 2$), nilai *fuzziness* ($m > 1$), maksimum iterasi (t_{max}), nilai *threshold*/eror terkecil (ϵ). Penentuan jumlah kluster untuk simulasi sebanyak 2 hingga 7 kluster berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mason dan Jacobson (2007)

dalam penelitiannya menggunakan analisis FGWC. Untuk nilai *fuzziness* (m) pernah dilakukan oleh Hadi (2017) dalam penelitiannya mencoba nilai m dari 1.5, 2, 2.5 dan 3 yang menghasilkan kluster optimal pada $m=3$. Penentuan maksimum iterasi dan nilai *threshold* tidak ada aturan khusus dalam penggunaannya. Namun peneliti banyak menggunakan maksimum iterasi 1000 dan nilai *threshold* sebesar 1×10^{-5} .

- b) Menentukan pembobot geografis w_{ij} menggunakan rumus

$$w_{ij} = \frac{(m_i m_j)^b}{d_{ij}^a} \quad (2)$$

Keterangan:

m_i : populasi dari area ke- i

m_j : populasi dari area ke- j , sedangkan

d_{ij} : jarak antara area ke- i dan area ke- j

Dimana : $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$

Keterangan:

d_{ij} = jarak antara wilayah ke- i dan wilayah ke- j

x_i = data *latitude* wilayah ke- i

x_j = data *latitude* wilayah ke- j

y_i = data *longitude* wilayah ke- i

y_j = data *longitude* wilayah ke- j

- c) Menginisialisasi matriks keanggotaan secara acak sebagai partisi awal dengan jumlah setiap elemen dalam setiap baris adalah 1 (satu).

$$\alpha + \beta = 1 \quad (3)$$

- d) Menghitung pusat kluster

Penghitungan pusat kluster digunakan untuk menentukan seberapa jauh objek data dari pusat kluster. Jika suatu objek data memiliki jarak yang dekat dengan pusat kluster, maka objek data tersebut masuk ke dalam suatu kluster. Pusat kluster V_i menggunakan rumus

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad (4)$$

Keterangan:

V_i : Pusat kluster untuk objek ke- i

u_{ik} : Elemen dari matriks keanggotaan

x_k : Titik Data

m : *Fuzziness*

- e) Memperbaiki matriks derajat keanggotaan U_{ik} menggunakan rumus

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{\|V_i - x_k\|}{\|V_j - x_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (5)$$

Keterangan:

u_{ik} : Elemen dari matriks keanggotaan

V_i : Pusat kluster untuk objek ke- i

V_j : Pusat kluster untuk objek ke- j

x_k : Titik Data ke- k

m : *Fuzziness*

c : Jumlah kluster

- f) Memperbarui nilai keanggotaan dengan menambahkan efek geografis μ'_i menggunakan rumus

$$\mu'_i = \alpha \mu_i + \beta \frac{1}{A} \sum_{j=1}^N w_{ij} \mu_j \quad (6)$$

Keterangan:

μ'_i : nilai keanggotaan baru area (kluster) ke- i

μ_i : nilai keanggotaan lama area (kluster) ke- i

- w_{ij} : bobot yang mengukur interaksi diantara kedua area tersebut
- g) Menetapkan kriteria penghentian iterasi dengan melihat perubahan matriks partisi pada pengulangan sebelumnya sebagai berikut.
 - 1) Jika nilai *membership function* dibawah nilai *threshold* $|\mu_{t-1} - \mu_t| \leq \varepsilon$ atau ($t \geq t_{max}$), maka berhenti,
 - 2) Jika tidak, iterasi dilanjutkan dengan ulangi langkah ke-e
 5. Memperoleh hasil pengelompokkan dari langkah-langkah analisis FGWC yang telah dilakukan.
 6. Mengidentifikasi karakteristik tiap kelompok yang telah diperoleh berdasarkan sektor-sektor PDRB setelah penganalisisan menggunakan FGWC.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistika Deskriptif

Sebelum melakukan analisis FGWC, dapat dilihat dahulu deskripsi data masing-masing variabel penelitian untuk mengetahui ringkasan umum mengenai variabel yang digunakan. Statistik deskriptif variabel tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

Variabel	Minimum	Maksimum	Mean	Std. Deviation
X1	104286,12	6333610,91	2944774	2172743,6
X2	188,72	2104666,25	559689,92	589766,73
X3	124608,72	7673879,73	1163761,8	1723561,47
X4	1471,52	72673,29	13650,58	23688,74
X5	215,69	100455,41	12651,04	21847,65
X6	351242,83	6597989,05	1357240,7	1368637,48
X7	564865,95	10756224,22	2091483,3	2268698,34
X8	319458,44	10121032,94	1366510,3	2192736,97
X9	39223,62	807026,46	171185,54	176925,54
X10	50226,52	5436439,68	880257,83	1147706,2
X11	6217,66	3678271,15	435569,84	795624,66
X12	43927,67	2029756,72	272768,31	434743,04
X13	713,77	925285,33	57158,92	210585,18
X14	323555,46	4806095,86	912274,33	983726,7
X15	59407,15	3613913,06	622485,7	782669,81
X16	35766,42	1256254,69	223715,11	266944,93
X17	42814,17	1760777,73	257725,96	372170,73

Berdasarkan Tabel 1, dapat kita lihat bahwa masing-masing variabel memiliki nilai minimum dan maksimum yang mendefinisikan tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera barat yang tertinggi dan terendah pada sektor PDRB tahun 2021 yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat dengan nilai Tertinggi dan Terendah pada Sektor PDRB Tahun 2021

No	Sektor	Terendah	Tertinggi
1	Pertanian, Kehutanan dan Perikanan (X_1)	Kota Bukittinggi	Kabupaten Pasaman Barat
2	Pertambangan dan Penggalian (X_2)	Kota Bukittinggi	Kota Padang
3	Industri Pengolahan (X_3)	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
4	Pengadaan Listrik dan Gas (X_4)	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Sawahlunto
5	Pengadaan Air(X_5)	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
6	Konstruksi (X_6)	Kota Padang Panjang	Kota Padang
7	Perdagangan Besar dan Eceran, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor (X_7)	Kota Sawahlunto	Kota Padang

No	Sektor	Terendah	Tertinggi
8	Transportasi dan Pergudangan (X_8)	Kota Sawahlunto	Kota Padang
9	Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum (X_9)	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
10	Informasi dan Komunikasi (X_{10})	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
11	Jasa Keuangan (X_{11})	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
12	Real Estate (X_{12})	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
13	Jasa Perusahaan (X_{13})	Kota Solok	Kota Padang
14	Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib (X_{14})	Kabupaten Solok Selatan	Kota Padang
15	Jasa Pendidikan (X_{15})	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
16	Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial (X_{16})	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang
17	Jasa Lainnya (X_{17})	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Kota Padang

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh informasi bahwa Kota Padang mendominasi dalam 15 dari 17 sektor PDRB serta diikuti dengan Kabupaten Pasaman Barat yang unggul pada sektor pertanian, kehutanan dan perikanan dan Kota Sawahlunto yang unggul pada sektor pengadaan listrik dan gas. Di sisi lain, kabupaten/kota dengan PDRB terendah dalam masing-masing sektor di dominasi oleh Kabupaten Kepulauan Mentawai sebagai kabupaten terendah dari 10 sektor PDRB dan diikuti oleh Kota Bukittinggi, Kota Sawahlunto, Kota Padang Panjang, Kabupaten Solok Selatan dan Kota Solok.

B. Analisis FGWC

Sebelum melanjutkan ke analisis FGWC, langkah awalnya yaitu menentukan jumlah kluster yang optimum. Jumlah kluster yang optimum ditentukan dengan melakukan simulasi kluster sebanyak 2 sampai 7 kluster menggunakan metode FGWC. Penetapan jumlah kluster yang akan digunakan berdasarkan kriteria kluster optimum yang diperoleh dari nilai indeks validitas IFV. Jumlah kluster optimum yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Indeks Validitas IFV

Jumlah Kluster	Indeks Validitas IFV
2	19,00
3	21,21
4	19,00
5	14,11
6	14,11
7	12,22

Berdasarkan Tabel 3 diatas, dapat dilihat bahwa indeks validitas IFV yang bernilai maksimum terdapat pada jumlah kluster 3. Oleh karena itu, pengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Barat berdasarkan 17 sektor PDRB akan menggunakan 3 kluster.

Dalam analisis FGWC terlebih dahulu menentukan parameter awal. Parameter-parameter yang digunakan adalah jumlah kluster (c), *fuzziness* (m), maksimum iterasi dan nilai *threshold* (ϵ) seperti yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Awal

Jumlah Cluster	<i>fuzziness</i>	Maksimum iterasi	Nilai <i>threshold</i>
3	$m = 3$	1000	$\epsilon = 0,00001$

Selanjutnya dilakukan pembobotan geografis menggunakan data populasi dan data jarak antar wilayah sebanyak 19 kabupaten/kota yang membentuk matriks 19×19 . Nilai pembobotan geografis yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Pembobot Geografis

W_{ij}	W_{i1}	W_{i2}	W_{i3}	W_{ij}	W_{i19}
W_{1j}	0	22658458585	17748937740	...	5863479505

W_{ij}	W_{i1}	W_{i2}	W_{i3}	W_{ij}	W_{i19}
W_{2j}	22658458585	0	265126594956	...	36222567521
W_{3j}	17748937740	265126594956	0	...	47425380917
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
W_{19j}	5863479505	36222567521	47425380917	...	0

Setelah menentukan pusat kluster dan melakukan pembobotan geografis pada nilai keanggotaan, maka diperoleh derajat keanggotaan dan hasil kluster setelah ditambahkan bobot geografis didalamnya. Derajat keanggotaan dan hasil kluster yang diperoleh disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Derajat Keanggotaan dan Hasil Kluster

No	Kab/Kota	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster
1.	Kabupaten Kepulauan Mentawai	0,3333414	0,3333288	0,3333298	1
2.	Kabupaten Pesisir Selatan	0,3333332	0,3333334	0,3333334	3
3.	Kabupaten Solok	0,3333350	0,3333324	0,3333326	1
4.	Kabupaten Sijunjung	0,3333385	0,3333304	0,3333311	1
5.	Kabupaten Tanah Datar	0,3333380	0,3333307	0,3333313	1
6.	Kabupaten Padang Pariaman	0,3333291	0,3333357	0,3333352	2
7.	Kabupaten Agam	0,3333287	0,3333359	0,3333354	2
8.	Kabupaten Lima Puluh Kota	0,3333312	0,3333345	0,3333343	2
9.	Kabupaten Pasaman	0,3333404	0,3333294	0,3333303	1
10.	Kabupaten Solok Selatan	0,3333430	0,3333279	0,3333291	1
11.	Kabupaten Dharmasraya	0,3333441	0,3333273	0,3333287	1
12.	Kabupaten Pasaman Barat	0,3333353	0,3333322	0,3333325	1
13.	Kota Padang	0,3333331	0,3333334	0,3333334	3
14.	Kota Solok	0,3333421	0,3333284	0,3333295	1
15.	Kota Sawah Lunto	0,3333377	0,3333309	0,3333314	1
16.	Kota Padang Panjang	0,3333413	0,3333288	0,3333299	1
17.	Kota Bukittinggi	0,3333337	0,3333331	0,3333332	1
18.	Kota Payakumbuh	0,3333419	0,3333285	0,3333296	1
19.	Kota Pariaman	0,3333412	0,3333289	0,3333299	1

Pada derajat keanggotaan yang disajikan pada Tabel 6, diperhatikan bahwa penentuan keanggotaan suatu data didasarkan pada nilai derajat keanggotaan tertinggi. Dengan mengacu pada derajat keanggotaan tersebut ditarik kesimpulan mengenai kecenderungan suatu kabupaten/kota untuk termasuk ke dalam suatu kluster. Hasil dari kluster yang terbentuk untuk sektor-sektor PDRB menggunakan analisis FGWC adalah sebagai berikut.

1. Pada kluster 1 terdapat 14 Kabupaten/Kota yang terdiri dari Kabupaten Kepulauan Mentawai, Kabupaten Solok, Kabupaten Sijunjung, Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Pasaman, Kabupaten Solok Selatan, Kabupaten Dharmasraya, Kabupaten Pasaman Barat, Kota Solok, Kota Sawah Lunto, Kota Padang Panjang, Kota Bukittinggi, Kota Payakumbuh dan Kota Pariaman.
2. Pada kluster 2 terdapat 3 Kabupaten/Kota yang terdiri dari Kabupaten Padang Pariaman, Kabupaten Agam dan Kabupaten Lima Puluh Kota.
3. Pada kluster 3 terdapat 2 Kabupaten/Kota yang terdiri dari Kabupaten Pesisir Selatan dan Kota Padang.

Setiap kluster yang terbentuk akan menghasilkan karakteristik dari masing-masing variabel yang menjadi sektor-sektor PDRB. Adapun karakteristik anggota kluster dapat dilihat pada rataan klusternya yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rataan Anggota Cluster

No	Variabel	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
1.	X1	31318574,46	15630381,24	9001749,42
2.	X2	4538610,08	3481594,20	2613904,27
3.	X3	8045068,55	5377413,76	8688990,85
4.	X4	171515,91	14932,02	72913,11
5.	X5	105495,37	25348,45	109526,03
6.	X6	12648079,42	4811274,45	8328218,42
7.	X7	18811272,30	8395481,34	12531429,20
8.	X8	9779902,68	5506013,19	10677779,59
9.	X9	1759013,77	502452,77	991058,65
10.	X10	7260588,36	2981174,39	6483136,00
11.	X11	3364148,22	897111,18	4014567,65

No	Variabel	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
12.	X12	2151393,71	797873,85	2233330,28
13.	X13	125564,03	27662,19	932793,25
14.	X14	8212194,92	3235477,38	5885539,89
15.	X15	4784212,27	2910336,32	4132679,65
16.	X16	2058566,00	712404,15	1479616,95
17.	X17	2284992,60	681990,22	1929810,41

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh informasi mengenai karakteristik ketiga klaster dapat diidentifikasi dengan nilai rata-rata tertinggi yang ditandai dengan warna merah dan nilai rata-rata terendah yang ditandai dengan warna biru. Ini dapat memungkinkan kita untuk memahami karakteristik dari ketiga cluster yang terbentuk, sehingga dapat diinterpretasikan sebagai berikut.

1. Klaster 1 memiliki rata-rata tertinggi pada sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan (X_1), Pertambangan dan Penggalian (X_2), Pengadaan Listrik dan Gas (X_4), Konstruksi (X_6), Perdagangan Besar dan Eceran, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor (X_7), Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum (X_9), Informasi dan Komunikasi (X_{10}), Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib (X_{14}), Jasa Pendidikan (X_{15}), Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial (X_{16}) dan Jasa Lainnya (X_{17}). Hal ini berarti bahwa Kabupaten/Kota pada klaster 1 memiliki karakteristik yang unggul pada 11 sektor PDRB dan berpotensi tinggi.
2. Klaster 2 memiliki rata-rata terendah pada sektor Industri Pengolahan (X_3), Pengadaan Listrik dan Gas (X_4), Pengadaan Air (X_5), Konstruksi (X_6), Perdagangan Besar dan Eceran, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor (X_7), Transportasi dan Pergudangan (X_8), Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum (X_9), Informasi dan Komunikasi (X_{10}), Jasa Keuangan (X_{11}), Real Estate (X_{12}), Jasa Perusahaan (X_{13}) Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib (X_{14}), Jasa Pendidikan (X_{15}), Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial (X_{16}) dan Jasa Lainnya (X_{17}). Hal ini berarti bahwa Kabupaten/Kota pada klaster 2 memiliki karakteristik yang kurang unggul pada 15 sektor PDRB dan berpotensi rendah.
3. Klaster 3 memiliki rata-rata tertinggi pada sektor Industri Pengolahan (X_3), Pengadaan Air (X_5), Transportasi dan Pergudangan (X_8), Jasa Keuangan (X_{11}), Real Estate (X_{12}), dan Jasa Perusahaan (X_{13}). Cluster ini juga memiliki rata-rata terendah pada sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan (X_1) dan Pertambangan dan Penggalian (X_2). Hal ini berarti bahwa Kabupaten/Kota pada klaster 3 memiliki karakteristik yang unggul pada 6 sektor PDRB dan berpotensi sedang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menggunakan analisis FGWC menghasilkan 3 klaster untuk mengelompokkan Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat berdasarkan potensi sektoral PDRB. Adapun kabupaten/kota yang masuk ke dalam klaster 1 memiliki potensi tinggi dalam pembentukan PDRB di Provinsi Sumatera Barat, Kabupaten/Kota dalam klaster 2 memiliki potensi rendah dan Kabupaten/Kota dalam klaster 3 memiliki potensi sedang dalam pembentukan PDRB di Provinsi Sumatera Barat tahun 2021. Dengan mempertimbangkan efek geografis di dalam analisis FGWC, terlihat pada Kabupaten/Kota yang termasuk kedalam klaster 3 yang terdiri dari Kabupaten Pesisir Selatan dan Kota Padang yang unggul pada sektor sektor Industri Pengolahan (X_3), Pengadaan Air (X_5), Transportasi dan Pergudangan (X_8), Jasa Keuangan (X_{11}), Real Estate (X_{12}), dan Jasa Perusahaan (X_{13}). Serta kurang unggul pada sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan (X_1) dan Pertambangan dan Penggalian (X_2). Dari hasil pengelompokkan Kabupaten/Kota berdasarkan potensi sektoral PDRB Provinsi Sumatera Barat menggunakan FGWC dapat memberikan gambaran karakteristik masing-masing klaster dan hasil ini dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi pemerintah dalam mengambil suatu kebijakan dalam memaksimalkan potensi daerah serta mengurangi ketimpangan pendapatan antar daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. (2022). *Produk Domestik Regional Bruto Provinsi Sumatera Barat Menurut Lapangan Usaha*. Padang: BPS Provinsi Sumatera Barat.
- Hadi, B.S. (2017). *Pendekatan Modified Particle Swarm Optimization dan Artificial Bee Colony pada Fuzzy Geographically Weighted Clustering*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Hu, C., Meng, L., & Shi, W. (2008). "Fuzzy clustering validity for spatial data". *Geo-spatial information science*, 11(3), 191-196.
- Irsyad, M., & Syahnur, S. (2018). "Interaksi Spasial Ekonomi di Indonesia". *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi Pembangunan*, 3(4), 475-483.

- Mason, G, A., & Jacobson, R, D. (2007). "Fuzzy geographically weighted clustering", In *Proceedings of the 9th International Conference on Geocomputation* (No, 1998, pp, 1-7).
- Ningrat, D, R., Di Asih, I, M., & Wuryandari, T. (2016). "Analisis cluster dengan algoritma K-Means dan Fuzzy C-Means clustering untuk pengelompokan data obligasi korporasi", *Jurnal Gaussian*, 5(4), 641-650.
- Nugroho, A. S. (2019). "Analisis Clustering Dengan Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) Pada Indikator Indeks Pembangunan Manusia Di Indonesia", *Disertasi*, Muhammadiyah University, Semarang.
- Sapriadi, S., & Hasbiullah, H. (2015). "Analisis Penentuan Sektor Unggulan Perekonomian Kabupaten Bulukumba". *Jurnal Iqtisaduna*, 1(1), 53-71.
- Sara, D, S. (2018). *Fuzzy Geographically Weighted Clustering Untuk Pengelompokan Indikator Kesejahteraan Rakyat Di Provinsi Jawa Tengah*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang,
- Yonarta, S, N, S. (2016). *Pengelompokan Kabupaten/Kota di Jawa Timur Berdasarkan Potensi Sektor PDRB Tahun 2014 Menggunakan Fuzzy C-Means Cluster*.
- Wasono, R & Ismunarti, D, R. (2022). *Compare of Clustering School Operational Aid Using Fuzzy Cluster Means and Fuzzy Geographically Weighted Clustering Method*.