

## PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI SULAWESI TENGAH BERDASARKAN INDIKATOR PEMBANGUNAN EKONOMI MENGGUNAKAN FUZZY GEOGRAPHICALLY WEIGHTED CLUSTERING

E. T. Maliku<sup>1</sup>, Rais<sup>2</sup> dan M. Fajri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Statistika Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako

<sup>1</sup>evalintrisya@gmail.com, <sup>2</sup>rais76\_untad@yahoo.co.id, <sup>3</sup>fajrimohamad19@gmail.com

### ABSTRACT

Economic development is a process of activities carried out by the state in developing economic activities to improve living standards in the long term. Inequality in economic development occurs due to differences in natural resources and geographical conditions owned by each region. Cluster analysis is a solution to map the problem. Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) is a clustering method which is an integration of the fuzzy clustering and geo-demographic elements, so that cluster formed will be sensitive to environmental effects and affect the values of the cluster. The results of the study obtained 3 cluster optimum clusters with relatively different characteristics of each based on economic development indicators. Cluster 1 with low economic development, cluster 2 with high economic development, and cluster 3 with moderate economic development.

**Keywords** : Cluster Analysis, Economic Development, Fuzzy Geographically Weighted Clustering,

### ABSTRAK

Pembangunan ekonomi merupakan proses kegiatan yang dilakukan oleh negara dalam mengembangkan kegiatan ekonomi untuk meningkatkan taraf hidup dalam jangka panjang. Ketimpangan pembangunan ekonomi terjadi karena adanya perbedaan sumber daya alam dan kondisi geografis yang dimiliki oleh masing-masing wilayah. Analisis cluster merupakan solusi untuk memetakan masalah tersebut. Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) adalah salah satu metode clustering yang merupakan integrasi dari metode *fuzzy clustering* klasik dan unsur geo-demografi, sehingga cluster yang terbentuk akan sensitif terhadap efek lingkungan dan berpengaruh pada nilai-nilai pusat cluster. Hasil penelitian diperoleh 3 cluster optimum dengan karakteristik setiap cluster yang relatif berbeda berdasarkan indikator pembangunan ekonomi. Cluster 1 dengan pembangunan ekonomi rendah, cluster 2 dengan pembangunan ekonomi tinggi, dan cluster 3 dengan pembangunan ekonomi sedang.

**Kata kunci** : Analisis Cluster, Pembangunan Ekonomi, Fuzzy Geographically Weighted Clustering.

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan ekonomi merupakan suatu rangkaian proses kegiatan yang dilakukan oleh suatu negara untuk mengembangkan kegiatan atau aktivitas ekonomi untuk meningkatkan taraf hidup/kemakmuran (income per-kapita) dalam jangka panjang. Dalam melaksanakan pembangunan ekonomi pada negara sedang berkembang tidak semudah yang diharapkan, karena ada persoalan yang harus dihadapi dan diselesaikannya. Persoalan-persoalan tersebut antara lain masalah sumber daya alam, sumber daya manusia, modal, kondisi geografis, kebijakan pemerintah yang harus diimplementasikan, dan lain-lain (Subandi, 2014).

Menurut Subandi (2014) dalam pembangunan ekonomi daerah yang menjadi pokok permasalahannya adalah terletak pada kebijakan-kebijakan pembangunan yang didasarkan pada kekhasan daerah yang bersangkutan (endogenous) dengan menggunakan potensi sumber daya manusia, kelembagaan, dan sumber daya fisik secara lokal. Menurut Arsyad (2010) Pembangunan ekonomi setiap daerah dapat menggambarkan pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan masyarakat di wilayah tersebut juga taraf hidup masyarakat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2020), struktur perekonomian Indonesia secara spasial pada triwulan I-2020 masih didominasi oleh kelompok provinsi di Pulau Jawa yang memberikan kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto sebesar 59.14% sedangkan kontribusi pulau Sulawesi hanya sebesar 6.19%. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di Provinsi Sulawesi Tengah dari tahun 2016 sampai 2020 terus meningkat, artinya kinerja pembangunan di Provinsi Sulawesi Tengah berkembang dengan arah pertumbuhan yang positif. Ketimpangan PDRB per kapita antar kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Tengah selama 2016–2020 cenderung meningkat yaitu dari 0.50 pada tahun 2016 menjadi 0.84 pada tahun 2020 dan ini dikatakan ketimpangan yang sangat tinggi. Ketimpangan pembangunan ekonomi terjadi karena adanya perbedaan sumber daya alam dan kondisi geografis yang dimiliki oleh masing-masing wilayah.

Berdasarkan angka ketimpangan tersebut perlu adanya upaya pemerintah dalam menanggulangi ketidakseimbangan ekonomi di wilayah Sulawesi Tengah, sehingga pemerintah memerlukan informasi yang akurat dalam melihat persebaran wilayah dengan indikator pembangunan ekonomi. Salah satu cara untuk mendapatkan informasi yang akurat adalah dengan melakukan pengelompokan berdasarkan indikator pembangunan ekonomi terhadap seluruh kabupaten/kota di Sulawesi Tengah, dari hasil pengelompokan tersebut mampu memberikan gambaran berupa lokasi atau daerah dengan tingkatan pembangunan ekonomi. Hal ini dapat membantu pemerintah dalam menentukan wilayah yang menjadi prioritas yang mengalami pembangunan ekonomi rendah. Pengelompokan indikator pembangunan ekonomi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan efek geografis menggunakan metode Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC).

Mason dan Jacobson (2006) memperkenalkan FGWC yaitu penggabungan dari teknik *Fuzzy Clustering* dan *Neighborhood Effect*. Pada algoritma FGWC efek kewilayahan telah diperhitungkan

pada penghitungan nilai keanggotaannya, sehingga *cluster* yang terbentuk akan sensitif terhadap efek lingkungan dan mempengaruhi nilai-nilai pusat *cluster*. FGWC menawarkan solusi alternatif dari algoritma *clustering* reguler yang lebih *geographically aware* dengan kemampuan untuk menerapkan efek populasi dan jarak ke dalam analisis pengelompokan geodemografi (Mason dan Jacobson, 2006).

Penelitian mengenai metode *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC) telah banyak dilakukan, seperti pada penelitian Nugroho (2019) yang melakukan penelitian tentang pengelompokan indikator Indeks Pembangunan Manusia menggunakan metode FGWC dan terbentuk 5 *cluster* optimum. Penelitian lainnya yang menggunakan FGWC yaitu Sara (2018) melakukan penelitian tentang pengelompokan indikator Kesejahteraan Rakyat dan terbentuk 3 *cluster* optimum. Selain itu Hadi dkk. (2017) yang melakukan penelitian pengelompokan faktor stunting pada balita di Provinsi Jawa Timur menggunakan *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* menghasilkan 3 *cluster* optimum dengan indeks validitas IFV. Penelitian ini akan melakukan pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan indikator Pembangunan Ekonomi, sehingga menghasilkan kelompok yang lebih sensitif secara geografis karena sudah melibatkan efek populasi dan jarak dalam perhitungan bobot keanggotaan tiap observasinya, diharapkan hasil pengelompokan ini dapat mengoptimalkan rencana strategis yang akan dilakukan oleh pemerintah dalam mengurangi ketimpangan ekonomi antar wilayah di Sulawesi Tengah.

## II. METODE PENELITIAN

1. Mengumpulkan data sekunder dari situs resmi BPS provinsi Sulawesi Tengah.
2. Menyusun matriks ukuran  $n \times m$ , dimana  $n$  adalah banyaknya pengamatan sebanyak 13 (Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Tengah) dan  $m$  adalah banyaknya indikator yaitu sebanyak 12 indikator.
3. Melakukan analisis statistika deskriptif untuk masing-masing variabel indikator pembangunan ekonomi kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Tengah.
4. Melakukan normalisasi data indikator pembangunan ekonomi kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Tengah.
5. Menentukan jumlah *cluster* yang optimal pada analisis FGWC menggunakan indeks validitas IFV.
6. Melakukan langkah-langkah algoritma FGWC.
7. Memperoleh hasil *clustering*
8. Menganalisis kriteria masing-masing kelompok
9. Visualisasi data hasil *clustering* berupa peta wilayah Provinsi Sulawesi Tengah.
10. Kesimpulan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Statistika Deskriptif

Tabel 1 : Statistika Deskriptif

Variabel	Minimum	Maksimum
$X_1$	30569340	502408335
$X_2$	2.33241E+12	6.19856E+13
$X_3$	64.59	81.47
$X_4$	96.85	99.53
$X_5$	87.51	96.43
$X_6$	66.95	88.24
$X_7$	86.72	100
$X_8$	2.39	8.38
$X_9$	63.93	75.33
$X_{10}$	14.93	34.2
$X_{11}$	6.8	17.39
$X_{12}$	748004	1568490

Berdasarkan Tabel 1 diketahui statistika deskriptif masing-masing variabel dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

1. Produk Domestik Regional Bruto perkapita atas harga berlaku ( $X_1$ ).  
Produk Domestik Regional Bruto Perkapita Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB Perkapita ADHB) menunjukkan nilai PDRB per kepala atau per satu orang penduduk, dapat dilihat bahwa Morowali menjadi wilayah dengan PDRB Perkapita terbesar yaitu Rp. 502,408,335, Sedangkan wilayah dengan PDRB Perkapita terkecil terdapat pada wilayah Banggai Laut yaitu sebesar Rp. 30,569,340.
2. Produk Domestik Bruto atas harga berlaku ( $X_2$ ).  
Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB ADHB) menunjukkan kemampuan sumber daya ekonomi yang dihasilkan oleh suatu daerah, dapat dilihat bahwa Morowali menjadi wilayah dengan PDRB terbesar yaitu Rp. 61,985,633,000,000, Sedangkan wilayah dengan PDRB terkecil terdapat pada wilayah Banggai Laut yaitu sebesar Rp. 2,332,410,000,000. Hal ini menunjukkan bahwa Morowali memiliki kemampuan sumber daya ekonomi 30 kali lebih besar jika dibandingkan dengan Banggai Laut.
3. Indeks Pembangunan Manusia ( $X_3$ ).  
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa Indeks Pembangunan Manusia (IPM) tertinggi berada pada kota Palu yaitu 81.47%, Sedangkan wilayah dengan IPM terkecil terdapat pada

wilayah Tojo Una-una yaitu sebesar 64.59%. Hal ini menunjukkan jarak IPM kota Palu dengan kabupaten Tojo Una-una sangat jauh (16.88 poin). Perbedaan yang cukup signifikan ini dapat menunjukkan masih adanya ketimpangan pembangunan manusia antarwilayah di Sulawesi Tengah.

4. Angka Partisipasi Sekolah berusia 7 sampai 12 tahun ( $X_4$ ).  
APS menunjukkan proporsi penduduk pada kelompok umur jenjang pendidikan tertentu yang masih bersekolah terhadap penduduk pada kelompok umur tersebut, dapat dilihat bahwa Morowali Utara menjadi wilayah dengan Angka Partisipasi Sekolah (APS) Usia 7-12 Tahun terendah yaitu 96.85%, sedangkan wilayah dengan APS Usia 7-12 Tahun tertinggi terdapat pada wilayah Buol yaitu 99.53%. Hal ini menggambarkan penduduk usia 7-12 tahun atau usia Sekolah Dasar (SD) yang masih bersekolah sudah tinggi di wilayah provinsi Sulawesi Tengah karena berada pada rentang 96-99%.
5. Angka Partisipasi Sekolah berusia 13 sampai 15 tahun ( $X_5$ )  
Diketahui bahwa Morowali Utara menjadi wilayah dengan Angka Partisipasi Sekolah (APS) Usia 13-15 Tahun tertinggi yaitu 96.43%, sedangkan wilayah dengan APS Usia 13-15 Tahun terendah terdapat pada wilayah Tolitoli yaitu 87.51%. Hal ini menggambarkan anak usia 13-15 tahun atau usia Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang masih bersekolah cukup tinggi di wilayah provinsi Sulawesi Tengah karena berada pada rentang 87-96%.
6. Angka Partisipasi Sekolah berusia 16 sampai 18 tahun ( $X_6$ )  
Diketahui bahwa Morowali menjadi wilayah dengan Angka Partisipasi Sekolah (APS) Usia 16-18 Tahun tertinggi yaitu 96.43%, sedangkan wilayah dengan APS Usia 16-18 Tahun terendah terdapat pada wilayah Parigi Mautong yaitu 66.95%. Hal ini menggambarkan penduduk usia 16-18 tahun atau usia Sekolah Menengah Atas (SMA) yang masih bersekolah di wilayah Parigi Mautong sangat rendah hal ini disebabkan banyaknya anak yang tidak melanjutkan sekolah.
7. Sumber Penerangan Listrik ( $X_7$ )  
Diketahui bahwa Palu dan Poso menjadi wilayah dengan Sumber Penerangan Listrik tertinggi yaitu 100%, sedangkan wilayah dengan Sumber Penerangan Listrik terendah terdapat pada wilayah Banggai Laut 86.72%. Hal ini menggambarkan masih banyak penduduk yang belum menjangkau listrik di wilayah Banggai Laut sedangkan di Palu dan Poso sudah menjangkau seluruh penduduk.
8. Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_8$ )  
Diketahui bahwa Palu menjadi wilayah dengan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) tertinggi yaitu 8.38%, sedangkan wilayah dengan TPT terendah terdapat pada wilayah Poso sebesar 2.39%. Hal ini menggambarkan besarnya jumlah penduduk dalam kategori angkatan kerja yang termasuk dalam pengangguran di kota Palu cukup besar jika dibandingkan dengan kabupaten Poso.

9. Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja ( $X_9$ ).  
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) berguna untuk mengetahui besarnya persentase penduduk usia kerja yang berpotensi untuk aktif secara ekonomi di suatu negara. Semakin tinggi angka TPAK menandakan bahwa ketersediaan penduduk usia kerja yang dapat terlibat aktif dalam kegiatan ekonomi (labour supply) semakin banyak. Diketahui bahwa Tojo Una-una menjadi wilayah dengan TPAK tertinggi yaitu 75.33%, sedangkan wilayah dengan TPAK terendah terdapat pada wilayah Donggala sebesar 63.93%. Artinya 75.33% penduduk usia kerja di Tojo Una-una merupakan angkatan kerja, sisanya bukan angkatan kerja (sekolah, mengurus rumah tangga, dan lainnya).
10. Tindak Keluhan Kesehatan ( $X_{10}$ )  
Diketahui bahwa Buol menjadi wilayah dengan Tindak Keluhan Kesehatan tertinggi yaitu 34.2%, sedangkan wilayah dengan Tindak Keluhan Kesehatan terendah terdapat pada wilayah Morowali sebesar 14.93%. Artinya masyarakat Morowali 2 kali lipat lebih rentan terhadap berbagai macam penyakit yang timbul jika dibandingkan dengan Buol.
11. Persentase Penduduk Miskin ( $X_{11}$ )  
Diketahui bahwa wilayah dengan persentase penduduk miskin terbesar terdapat pada wilayah Donggala sebesar 17.39%. Sedangkan wilayah dengan persentase penduduk miskin terkecil terdapat pada wilayah Palu sebesar 6.8%.
12. Rata - rata pengeluaran Perkapita sebulan ( $X_{12}$ )  
Rata-rata Pengeluaran Perkapita Sebulan merupakan rata-rata pengeluaran makanan dan non makanan per satu orang penduduk dalam sebulan. Diketahui bahwa wilayah dengan rata-rata pengeluaran perkapita sebulan terbesar terdapat pada wilayah Palu sebesar Rp. 1,568,490. Sedangkan wilayah dengan rata-rata pengeluaran perkapita sebulan terkecil terdapat pada wilayah Banggai Laut sebesar Rp. 748,004.

### 3.2. Normalisasi Data

Data dalam penelitian ini memiliki satuan ukur yang berbeda, sehingga data asli harus dinormalisasi terlebih dahulu sebelum melakukan analisis menggunakan analisis FGWC. Normalisasi dilakukan dengan teknik normalisasi *min max*.

### 3.3. Menentukan Jumlah Cluster Optimum

Adapun jumlah cluster optimum diperoleh dengan melakukan simulasi cluster sebanyak 2 sampai 5 menggunakan metode Fuzzy Geographically Weighted Clustering. Jumlah cluster yang akan digunakan ditentukan berdasarkan kriteria cluster optimum yang diberikan oleh nilai indeks validitas IFV. Simulasi jumlah cluster optimum diperoleh hasil pada Tabel 2.

Tabel 2 : Nilai Indeks Validitas IFV

Jumlah Cluster	Indeks Validitas IFV
2	13
<b>3</b>	<b>14.51439</b>
4	13
5	11.21401

Tabel 2 menunjukkan nilai indeks validitas IFV pada jumlah *cluster* 2 sampai 5. Penentuan jumlah *cluster* optimum pada indeks validitas IFV dapat diketahui dari nilai indeks validitas IFV yang maksimum. Berdasarkan tabel di atas indeks validitas IFV memberikan nilai maksimum pada jumlah *cluster* 3. Maka pengelompokan Kabupaten/kota di provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan 12 indikator pembangunan ekonomi. Menggunakan *cluster* sebanyak 3 *cluster*.

### 3.4. Menentukan Parameter Awal

Pada metode FGWC lebih dahulu menentukan inisialisasi parameter yang akan digunakan, yaitu menentukan jumlah *cluster* ( $c$ ), *fuzziness* ( $m$ ), iterasi maksimum ( $t_{max}$ ), *error* terkecil ( $\varepsilon$ ), penimbang efek jarak ( $a$ ), dan penimbang efek populasi ( $b$ ). Adapun parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Parameter Awal

Cluster	Fuzziness	Iterasi Maksimum	Error Terkecil	Penimbang Efek Jarak	Penimbang Efek Populasi
3	$m=3$	$t_{max} = 1000$	$\varepsilon = 0.00001$	$a=1$	$b=1$

### 3.5. Menghitung Pembobot Geografis

Penentuan pembobot geografis menggunakan data populasi dan data jarak antar wilayah dari sampel yaitu 13 data. Pembobot geografis yang akan dihasilkan merupakan matriks  $13 \times 13$ . Berikut ini adalah nilai pembobot geografis yang didapatkan.

Tabel 4 : Nilai Pembobot Geografis

$w_{ij}$	$w_{i1}$	$w_{i2}$	$w_{i2}$	$w_{i3}$	$w_{i4}$	$w_{i5}$	$w_{i6}$	...	$w_{i13}$
$w_{1j}$	0.00E+00	7.25E+10	7.25E+10	1.08E+10	1.16E+10	1.00E+10	7.92E+09	...	1.31E+10
$w_{2j}$	7.25E+10	0.00E+00	0.00E+00	3.42E+10	4.28E+10	3.57E+10	2.88E+10	...	4.66E+10
$w_{3j}$	1.08E+10	3.42E+10	3.42E+10	0.00E+00	2.47E+10	1.72E+10	9.90E+09	...	2.34E+10
$w_{4j}$	1.16E+10	4.28E+10	4.28E+10	2.47E+10	0.00E+00	5.97E+10	2.29E+10	...	9.18E+10
$w_{5j}$	1.00E+10	3.57E+10	3.57E+10	1.72E+10	5.97E+10	0.00E+00	3.40E+10	...	4.29E+11
$w_{6j}$	7.92E+09	2.88E+10	2.88E+10	9.90E+09	2.29E+10	3.40E+10	0.00E+00	...	3.96E+10

$w_{7j}$	5.60E+09	2.05E+10	2.05E+10	6.37E+09	1.34E+10	1.76E+10	5.19E+10	...	2.11E+10
$w_{8j}$	1.66E+10	6.05E+10	6.05E+10	2.92E+10	1.29E+11	3.10E+11	5.13E+10	...	5.76E+11
$w_{9j}$	1.12E+10	4.93E+10	4.93E+10	1.65E+10	4.17E+10	2.66E+10	1.77E+10	...	3.60E+10
$w_{10j}$	9.23E+09	3.29E+10	3.29E+10	1.71E+10	7.26E+10	1.80E+11	2.59E+10	...	5.67E+11
$w_{11j}$	2.40E+10	2.73E+10	2.73E+10	6.36E+09	6.27E+09	5.49E+09	4.22E+09	...	7.16E+09
$w_{12j}$	7.00E+09	2.50E+10	2.50E+10	2.49E+10	3.60E+10	1.77E+10	8.95E+09	...	2.50E+10
$w_{13j}$	1.31E+10	4.66E+10	4.66E+10	2.34E+10	9.18E+10	4.29E+11	3.96E+10	...	0.00E+00

### 3.6. Menentukan Derajat Keanggotaan Awal

Penentuan derajat keanggotaan awal dengan ukuran  $n \times c$  dimana  $n$  merupakan banyak data yaitu 13, sedangkan  $c$  adalah banyak *cluster* yaitu 5 *cluster*. Hal yang harus dilakukan yaitu membangkitkan bilangan *random* matriks partisi  $U$  dengan komponen  $\mu_{ik}$ , dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, 13$ ;  $k = 1, 2, 3$ ; sebagai nilai derajat keanggotaan awal. Nilai ditentukan secara acak dengan syarat jumlah nilai elemen dalam setiap baris adalah 1. Nilai derajat keanggotaan ditentukan secara acak langsung oleh *software* R. Berikut ini adalah nilai derajat keanggotaan yang dibangkitkan secara acak.

Tabel 5 : Nilai Derajat Keanggotaan Awal

Kab/Kota	$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	$\mu_{i3}$	$\sum \mu_{ik}$
1	0.31170045	0.2526336	0.4356660	1
2	0.09120776	0.3098837	0.5989085	1
3	0.30436103	0.4399225	0.2557165	1
4	0.23040649	0.3141995	0.4553940	1
5	0.49787882	0.2571699	0.2449513	1
6	0.36758404	0.2981707	0.3342453	1
7	0.13195998	0.5017028	0.3663372	1
8	0.30385562	0.3078588	0.3882856	1
9	0.33148697	0.3820964	0.2864166	1
10	0.47672471	0.1278542	0.3954211	1
11	0.37651327	0.2472675	0.3762193	1
12	0.24314655	0.6100556	0.1467979	1
13	0.21786658	0.3404897	0.44164370	1

### 3.7. Menghitung Pusat *Cluster*

Penentuan pusat *cluster* bertujuan untuk menentukan jarak suatu data terhadap pusat *cluster*. Suatu objek data termasuk dalam suatu *cluster* jika memiliki jarak terpendek terhadap pusat *cluster* tersebut. Adapun jarak yang digunakan pada analisis ini adalah jarak *squared Euclidean*. Berikut merupakan nilai pusat *cluster* yang diperoleh.



Tabel 6 : Nilai Pusat *Cluster*

Variabel	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
$X_1$	0.1036760	0.1036838	0.1036741
$X_2$	0.2157457	0.2157551	0.2157434
$X_3$	0.2380583	0.2380670	0.2380562
$X_4$	0.6331822	0.6331727	0.6331858
$X_5$	0.6415983	0.6416072	0.6415962
$X_6$	0.4080255	0.4080367	0.4080288
$X_7$	0.7180821	0.7180887	0.7180808
$X_8$	0.2264010	0.2264091	0.2263988
$X_9$	0.4815131	0.4815060	0.4815153
$X_{10}$	0.5515573	0.5515463	0.5515609
$X_{11}$	0.6266443	0.6266411	0.6266449
$X_{12}$	0.3227407	0.3227539	0.3227375

### 3.8. Memperbaiki Matriks Keanggotaan

Tujuan memperbaiki derajat keanggotaan adalah untuk memperoleh nilai derajat keanggotaan sebelum dimasukkan pembobot geografis yang mana derajat keanggotaan digunakan untuk mengetahui kecenderungan suatu data masuk ke suatu *cluster*. Adapun perbaikan derajat keanggotaan dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 : Nilai Perbaikan Derajat Keanggotaan

Kab/Kota	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
1	0.3333366	0.3333236	0.3333398
2	0.3333334	0.3333328	0.3333339
3	0.3333320	0.3333373	0.3333307
4	0.3333334	0.3333327	0.3333339
5	0.3333335	0.3333333	0.3333332
6	0.3333347	0.3333292	0.3333362
7	0.3333358	0.3333253	0.3333389
8	0.3333344	0.3333304	0.3333351
9	0.3333353	0.3333269	0.3333377
10	0.3333350	0.3333288	0.3333363
11	0.3333348	0.3333291	0.3333361
12	0.3333317	0.3333389	0.3333294
13	0.3333321	0.3333370	0.3333309

### 3.9. Melakukan Pembobotan Geografis

Pembobotan geografis dilakukan untuk penentuan keanggotaan kelompok pada *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* sehingga *cluster* yang terbentuk memiliki efek geografis. Adapun derajat keanggotaan baru hasil dari pembobotan geogografis dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 : Nilai Derajat Keanggotaan Baru

Kab/Kota	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster
1	0.3333351	0.3333278	<b>0.3333370</b>	3
2	0.3333338	0.3333316	<b>0.3333345</b>	3
3	0.3333329	<b>0.3333346</b>	0.3333325	2
4	0.3333336	0.3333324	<b>0.3333340</b>	3
5	<b>0.3333335</b>	0.3333331	0.3333334	1
6	0.3333344	0.3333301	<b>0.3333355</b>	3
7	0.3333349	0.3333283	<b>0.3333368</b>	3
8	0.3333339	0.3333318	<b>0.3333343</b>	3
9	0.3333345	0.3333296	<b>0.3333359</b>	3
10	0.3333341	0.3333313	<b>0.3333346</b>	3
11	0.3333345	0.3333298	<b>0.3333357</b>	3
12	0.3333327	<b>0.3333354</b>	0.3333318	2
13	0.3333332	<b>0.3333339</b>	0.3333329	2

Berdasarkan Tabel 8 diperoleh derajat keanggotaan baru Kabupaten/Kota untuk masuk menjadi anggota dari suatu *cluster*. Keanggotaan suatu data (Kabupaten/Kota) ditentukan berdasarkan nilai derajat keanggotaan terbesar. Berdasarkan derajat keanggotaan tersebut didapatkan informasi mengenai kecenderungan suatu Kabupaten/Kota untuk menjadi bagian dari suatu *cluster*.

### 3.10. Pemberhentian Iterasi

Iterasi yang dilakukan pada analisis *fgwc* akan berhenti jika memenuhi salah satu kriteria yaitu jika nilai maksimum dari perubahan *membership function* kurang dari sama dengan nilai *threshold* yang ditentukan yaitu  $1 \times 10^{-5}$  atau saat iterasi yang dilakukan sudah sampai iterasi maksimum yang ditentukan yaitu 1000 iterasi. Berikut merupakan nilai perubahan *membership function* yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 : Perubahan *Membership Function*

Perubahan <i>membership function</i> ( $ \mu_{t-1} - \mu_t $ )	<i>Threshold</i> ( $\epsilon$ )
$7 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$

Berdasarkan Tabel 9 diperoleh nilai maksimum dari perubahan *membership function* kurang dari nilai *threshold* yang ditentukan yaitu  $0.000007 < 0.00001$ , artinya iterasi dihentikan karena sudah memenuhi salah satu kriteria pemberhentian maka diperoleh nilai derajat keanggotaan optimal.

### 3.11. Hasil *Cluster*

Hasil dari analisis *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* membentuk 3 *cluster* optimal dengan jumlah anggota pada masing-masing *cluster* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 : Anggota *Cluster*

Kabupaten/Kota	Derajat Keanggotaan	Cluster
Banggai Kepulauan	0.3333370	3
Banggai	0.3333345	3
Morowali	0.3333346	2
Poso	0.3333340	3
Donggala	0.3333335	1
Tolitoli	90.3333355	3
Buol	0.3333368	3
Parigi Mautong	0.3333343	3
Tojo Una-una	0.3333359	3
Sigi	0.3333346	3
Banggai Laut	0.3333357	3
Morowali Utara	0.3333354	2
Palu	0.3333339	2

Berdasarkan Tabel 10, berikut adalah pembagian anggota masing-masing *cluster*.

1. *Cluster* 1 terdapat 1 kabupaten/kota yaitu kabupaten Donggala.
2. *Cluster* 2 terdapat 3 kabupaten/kota diantaranya kabupaten Morowali, kabupaten Morowali Utara dan kota Palu.
3. *Cluster* 3 terdapat 9 kabupaten/kota diantaranya kabupaten Banggai Kepulauan, kabupaten Banggai, kabupaten Toli-toli, kabupaten Poso, kabupaten Buol, kabupaten Parigi Mautong, kabupaten Tojo Una-una, kabupaten Sigi, dan kabupaten Banggai Laut.

### 3.12. Kriteria *Cluster*

Setiap cluster mempunyai karakteristik masing-masing dari variabel yang menjadi indikator pembangunan ekonomi, maka perlu dilakukan identifikasi masing-masing cluster yang terbentuk. Berikut disajikan nilai rata-rata dari variabel pada setiap cluster untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing cluster.

Tabel 11 : Rataan *Cluster*

Variabel	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
$X_1$	38251219	216271161	38476420
$X_2$	11720479000000	32455095000000	9838473111111
$X_3$	65.560	74.013	67.146
$X_4$	98.010	98.083	98.761
$X_5$	93.180	95.647	92.434
$X_6$	70.980	84.700	73.133
$X_7$	98.220	97.823	95.516
$X_8$	2.580	6.250	3.041
$X_9$	63.930	67.003	70.834
$X_{10}$	17.640	19.220	28.551
$X_{11}$	17.390	11.443	13.661
$X_{12}$	819118	1379007.667	912266.778

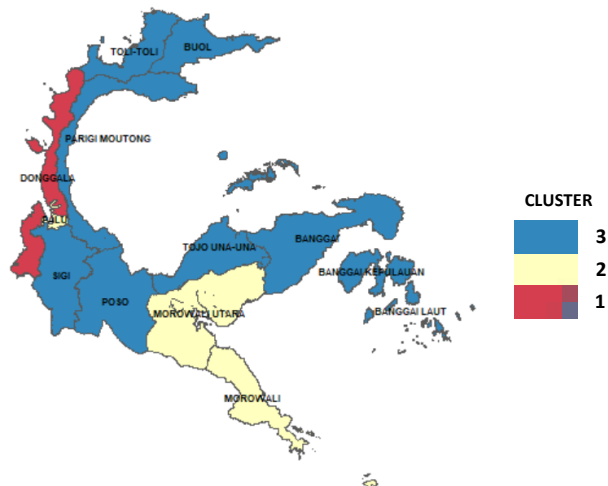
Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata tertinggi suatu *cluster* ditandai dengan warna kuning dan nilai rata-rata terendah suatu *cluster* ditandai dengan warna merah. Berdasarkan hal tersebut diketahui karakteristik dari ketiga *cluster* yang terbentuk, sehingga diperoleh interpretasi sebagai berikut.

1. *Cluster 1* terdiri dari satu kabupaten/kota yaitu kabupaten Donggala, dengan indikator PDRB Perkapita ( $X_1$ ), IPM ( $X_3$ ), APS Usia 7-12 Tahun ( $X_4$ ), APS Usia 16-18 Tahun ( $X_6$ ), TPAK ( $X_9$ ), dan Rata-rata Pengeluaran Perkapita ( $X_{12}$ ) memiliki rata-rata terendah, kemudian *cluster* ini memiliki Presentasi Penduduk Miskin ( $X_{11}$ ) yang juga tinggi dengan rata-rata 17.39%. Namun *cluster* ini memiliki Sumber Penerangan Listrik ( $X_7$ ) tertinggi, Tindak keluhan kesehatan ( $X_{10}$ ) terendah, dan Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_8$ ) yang juga terendah. Artinya kabupaten/kota pada *cluster 1* memiliki status pembangunan ekonomi rendah berdasarkan indikator pembangunan ekonomi.
2. *Cluster 2* terdiri dari tiga kabupaten/kota yaitu kabupaten Morowali, kabupaten Morowali Utara dan kota Palu, dengan indikator PDRB Perkapita ( $X_1$ ), PDRB atas Harga Berlaku ( $X_2$ ), IPM ( $X_3$ ), APS Usia 13-15 Tahun ( $X_5$ ), APS Usia 16-18 Tahun ( $X_6$ ), dan Rata-rata Pengeluaran Perkapita ( $X_{12}$ ) memiliki rata-rata tertinggi, kemudian *cluster* ini memiliki Presentasi Penduduk Miskin ( $X_{11}$ ) yang juga rendah dengan rata-rata 11.443%. Namun

*cluster* ini memiliki Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_8$ ) tertinggi dengan rata-rata 6.25%. Artinya kabupaten/kota pada *cluster* 2 memiliki status pembangunan ekonomi tinggi berdasarkan indikator pembangunan ekonomi.

3. *Cluster* 3 terdiri dari sembilan kabupaten/kota yaitu kabupaten Banggai Kepulauan, kabupaten Banggai, kabupaten Toli-toli, kabupaten Poso, kabupaten Buol, kabupaten Parigi Moutong, kabupaten Tojo Una-una, kabupaten Sigi, dan kabupaten Banggai Laut, dengan indikator PDRB atas Harga Berlaku ( $X_2$ ), dan Sumber Penerangan Listrik ( $X_7$ ) terendah, kemudian *cluster* ini memiliki Tindak keluhan kesehatan ( $X_{10}$ ) tertinggi. Namun *cluster* ini memiliki APS Usia 7-12 Tahun ( $X_4$ ) dan TPAK ( $X_9$ ) tertinggi. Artinya kabupaten/kota pada *cluster* 3 memiliki status pembangunan ekonomi sedang berdasarkan indikator pembangunan ekonomi.

### 3.13. Visualisasi *Cluster* Menggunakan Peta



Gambar 1 : Pemetaan Hasil *Clustering*

Pada Gambar 1 di atas dapat dilihat peta Sulawesi Tengah dari hasil *clustering* analisis FGWC dimana pada peta anggota *cluster* 1 diberi warna merah, anggota *cluster* 2 diberi warna kuning, dan anggota *cluster* 3 diberi warna biru.

## IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa kabupaten/kota yang termasuk dalam cluster 1 memiliki status pembangunan ekonomi rendah, kabupaten/kota yang termasuk dalam cluster 2 memiliki status pembangunan ekonomi tinggi, sedangkan kabupaten/kota yang termasuk dalam cluster 3 memiliki status pembangunan ekonomi sedang. Dari hasil pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan indikator pembangunan ekonomi dengan menggunakan metode Fuzzy Geographically Weighted Clustering mampu memberikan gambaran karakteristik tiap cluster yang diperoleh dan hasil ini dapat

dijadikan sebagai salah satu referensi oleh pemerintah dalam mengambil suatu kebijakan yang tepat untuk pembangunan ekonomi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arsyad, L., *Ekonomi Pembangunan*, Yogyakarta, 2010, UPP STIM YKPN.
- [2]. [BPS] Badan Pusat Statistik, *Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan I-2020*, Berita Resmi Statistik, 2020, 1–12, (diakses pada 17 Juni 2021).
- [3]. Hadi, B. S., *Pendekatan Modified Partikel Swarm Optimazion dan Artificial Bee Colony Pada Fuzzy Geographically*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017, <https://repository.its.ac.id/id/eprint/2721>.
- [4]. Mason, G. A., Jacobson, R. D., *Fuzzy Geographically Weighted Clustering*, 2006, 1-7.
- [5]. Nugroho, A. S., *Analisis Clustering Dengan Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) Pada Indikator Indeks Pembangunan Manusia Di Indonesia*, Jurnal Litbang Edusaintech 2 (1), 2021, 27-36.
- [6]. Sara, D. S., *Fuzzy Geographically Weighted Clustering untuk Pengelompokan Indikator Kesejahteraan Rakyat di Provinsi Jawa Tengah*, Universitas Muhammadiyah Semarang, 2018, <http://repository.unimus.ac.id/1908>.
- [7]. Subandi, *Ekonomi Pembangunan*, Bandung, 2014, Alfabeta.