

A Fuzzy Geographically Weighted Clustering Method for Grouping Provinces in Indonesia Based on Welfare Indicators Aspects of Information and Communication Technology (ICT)

Hefiani Mustika Hasanah, Dina Fitria*, Dony Permana, Zamahsary Martha

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: dinafitria@fmpa.unp.ac.id

Submitted : 06 Oktober 2023

Revised : 25 Oktober 2023

Accepted : 14 November 2023

ABSTRACT

The welfare of the people is a task and goal that must be realized by the Republic of Indonesia. To find out the condition of the welfare of the Indonesian people, it can be seen in eight areas of Indonesia's welfare indicators. Indicators The welfare of the Indonesian people is undergoing a digital transformation of information and communication technology (ICT) in 2021. However, there was a gap in ICT development due to geographical conditions and the distribution and dynamics of each region's society. Cluster analysis is a solution for target setting for better future decisions. Fuzzy Geographically Weighted Clustering (FGWC) is one of the cluster methods with fuzzy logic that considers geographical and population elements in grouping targets. The results of the research resulted in three optimum clusters with different characteristics for each cluster based on indicators of ICT aspects of people's welfare. Cluster 1 has a medium status of ICT indicators of people's welfare and is located in the middle or at the end of the island, provinces from cluster 2 have a low status of ICT indicators of people's welfare with a medium area, while cluster 3 has a high status of ICT indicators of people's welfare with a large area or dense populations.

Keywords: *FGWC, ICT, People's Welfare Indicators, Spasial.*



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

Kesejahteraan rakyat merupakan tugas dan tujuan yang harus diwujudkan oleh negara Republik Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari Konstitusi Indonesia pada Pembukaan Undang-Undang Dasar 1945 Alinea 4, secara eksplisit menyatakan bahwa kesejahteraan rakyat adalah tugas pokok dari pemerintahan Republik Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2022) ada 8 bidang yang menjadi indikator kesejahteraan rakyat Indonesia yaitu bidang kependudukan, kesehatan dan gizi, pendidikan, ketenagakerjaan, taraf dan pola konsumsi, perumahan dan lingkungan, kemiskinan, dan sosial lainnya yang belum tercakup pada 7 bidang sebelumnya. Untuk melihat kondisi kesejahteraan rakyat Indonesia BPS mengangkat aspek-aspek tertentu yang mempengaruhi kesejahteraan rakyat setiap tahun. Seperti pada tahun 2020 membahas akses penyandang disabilitas di Indonesia, tahun 2021 membahas Kajian Kesempatan Kerja, Kualitas Pekerjaan dan Kompensasi Tenaga Kerja di Masa Pandemi dan publikasi terbaru 2022 dengan tema Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Pembahasan mengenai TIK untuk kesejahteraan rakyat tahun 2022 karena koneksi internet yang andal menjadi kebutuhan utama dalam pendidikan, pekerjaan, maupun kegiatan sosial dan ekonomi saat pandemi Covid-19 pada Tahun 2021(BPS, 2022).

Penggunaan TIK saat pandemi Covid-19 mampu menghilangkan batas-batas jarak lokasi serta waktu. Menurut Dewi dkk. (2021) percepatan pemerataan pembangunan dan ketersediaan infrastruktur TIK perlu dilakukan untuk menunjang kegiatan perekonomian demi mencapai kesejahteraan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan BPS (2022) tentang peran TIK untuk kesejahteraan rakyat di era digital diketahui bahwa provinsi yang ada di Indonesia mengalami kesenjangan pembangunan teknologi. Kesenjangan tersebut terjadi antar wilayah (spasial) dimana kawasan timur Indonesia memiliki pembangunan TIK yang lebih rendah dibandingkan kawasan barat Indonesia. Selain itu, kesenjangan TIK juga terjadi antar kelompok sosial masyarakat karena kemampuan dalam penyediaan akses dan sarana. Dari penelitian tersebut juga diketahui bahwa kesenjangan TIK antar wilayah (spasial) dan antar kelompok masyarakat disebabkan oleh kondisi geografis yaitu letak atau posisi provinsi dengan istilah 3T (tertinggal, terluar dan terdepan), persebaran penduduk dan dinamika masyarakat.

Kesenjangan yang terjadi menyebabkan pembangunan kualitas pada indikator kesejahteraan berbeda dan tidak merata di Indonesia. Untuk keberhasilan perencanaan dalam pembangunan dibutuhkan ketepatan dalam mengidentifikasi target grup dan target area (Soemartini dan Supartini, 2017). Karena itu perlu dilakukan analisis kluster untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia agar kebijakan dalam pembangunan kedepan tepat sasaran. Kesenjangan yang terjadi disebabkan oleh kondisi geografis dan dinamika masyarakat, sehingga dibutuhkan analisis kluster dengan mempertimbangkan unsur geografis dan penduduk seperti *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC) (Mason dan Jacobson, 2007). FGWC merupakan metode kluster yang menggunakan logika *fuzzy* dengan memasukkan efek geografis dan populasi pada analisisnya. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh (1965), dimana derajat keanggotaan dari kluster *fuzzy* yang dihasilkan bersifat kontinu dengan nilai berada dalam rentang $[0,1]$.

Menurut Sara (2018) setelah membandingkan metode FGWC dan *Fuzzy C-Mean* (FCM) dalam permasalahan kesejahteraan rakyat dimana analisis FGWC menghasilkan kluster yang lebih baik dibandingkan FCM. Dari penelitian tersebut diperoleh 3 kluster optimum, dimana kluster 1 memiliki status kesejahteraan rakyat tinggi, kluster 2 dengan status kesejahteraan rakyat sedang dan kluster 3 dengan status kesejahteraan rakyat rendah. Maliku dkk. (2022) melakukan pengelompokan dan diperoleh 3 kluster dari metode FGWC, penelitian ini merupakan pengembangan materi pada penelitian sebelumnya yang belum menampilkan dan menjelaskan bagaimana hasil dari setiap tahapan analisis FGWC.

Negara Indonesia memiliki kondisi geografis yang terdiri dari banyak pulau yang berjumlah ribuan dengan persebaran penduduk yang belum merata. Selain itu topografi wilayah berbentuk pegunungan dan lembah menyebabkan pembangunan TIK menjadi sulit dan akhirnya terjadi kesenjangan TIK (Hidayat, 2014). Karena kesenjangan kesejahteraan rakyat aspek TIK terjadi akibat kondisi geografis dan persebaran penduduk, artikel ini akan menggunakan *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC) untuk mengelompokkan 34 provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat 2021 pada aspek TIK. Secara umum, akan diperoleh berupa hasil kluster yang menggambarkan karakteristik masing-masing provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat 2021 pada aspek TIK.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan menggunakan data sekunder yang berasal dari *website* BPS yaitu data indikator kesejahteraan rakyat Indonesia Tahun 2021 pada aspek TIK dari 34 provinsi di Indonesia. Sedangkan variabelnya yaitu proporsi remaja dan dewasa usia 15-24 tahun dengan keterampilan TIK menurut provinsi (X_1), persentase penduduk bekerja yang menggunakan internet pada pekerjaan menurut provinsi 2021 (X_2), persentase rumah tangga yang memiliki/menguasai komputer menurut provinsi (X_3), persentase rumah tangga yang memiliki/menguasai telepon seluler menurut provinsi dan klasifikasi daerah (X_4), persentase penduduk yang memiliki/menguasai telepon seluler menurut provinsi (X_5), dan persentase penduduk berumur 5 tahun ke atas yang mengakses internet dalam 3 bulan terakhir menurut provinsi (X_6).

B. Langkah-Langkah Analisis

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat pada aspek TIK dengan metode FGWC adalah

1. Mengumpulkan data sekunder dari situs resmi BPS.
2. Melakukan analisis statistika deskriptif pada variabel Indikator Kesejahteraan Rakyat Indonesia 2021. Adapun analisis yang dilakukan yaitu, minimum, maksimum, mean dan range. Untuk mean menggunakan persamaan.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \text{ atau } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Diman nilai \bar{X} rata-rata, nilai $\sum_{i=1}^n X_i$ jumlah seluruh nilai data dan n jumlah seluruh frekuensi dengan range menggunakan rumus

$$R = X_{(max)} - X_{(min)} \quad (2)$$

Dimana range (R), data amatan terbesar ($X_{(max)}$) dan data amatan terkecil ($X_{(min)}$)

3. Menyusun matriks ukuran $n \times m$, dimana n banyak pengamatan dan m adalah banyak variabel yang digunakan yaitu sebanyak 7 variabel.
4. Melakukan standarisasi data. Standardisasi sangat disarankan ketika nilai dari variabel yang akan dianalisis memiliki skala yang berbeda jauh dengan tujuan untuk memperkecil perbedaan nilai antar variabel (Kassambara, 2017). Untuk melakukan standarisasi dapat digunakan persamaan.

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k} \quad (3)$$

dimana nilai z baris ke- i variabel ke- k (z_{ik}), nilai x baris ke- i variabel ke- k (x_{ik}), rata-rata variabel ke- k (\bar{x}_k), dan simpangan baku variabel ke- k (s_k).

- Menentukan parameter *Fuzzy Clustering*: jumlah kluster (c), *fuzziness* (m), maksimum iterasi dan nilai *threshold* (ϵ). Adapun parameter awal yang digunakan yaitu.

Tabel 1. Parameter Awal

Jumlah Kluster	<i>fuzziness</i>	maksimum iterasi	nilai <i>threshold</i>
2-7	$m = 3$	1000	$\epsilon = 0.00001$

Jumlah kluster yang akan dibentuk untuk simulasi kluster sebanyak 2 sampai 7 seperti yang dilakukan Mason dan Jacobson (2007) menggunakan metode FGWC. Untuk penentuan *fuzziness* pernah dilakukan Hadi (2017) yang membandingkan nilai *fuzziness* dari 1.5, 2, 2.5 dan 3 dengan perolehan kluster optimum pada $m = 3$, maka *fuzziness* yang digunakan adalah 3. Sementara tidak ada aturan atau teori untuk penentuan maksimum iterasi dan nilai *threshold*, namun pada umumnya maksimum iterasi yang digunakan yaitu 1000 dan *threshold* 10^{-5} seperti yang dilakukan Maliku, Rais & Fajri (2022).

- Menentukan jumlah kluster optimal dari analisis FGWC menggunakan indeks validitas IFV, karena Indeks IFV sering digunakan untuk memvalidasi *fuzzy clustering* dengan data spasial (Chunchun dkk., 2008). Penghitungan IFV menggunakan rumus.

$$IFV = \frac{1}{c} \sum_{j=1}^c \left\{ \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \mu_{kj}^2 \left[\log_2 c - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \log_2(\mu_{kj}) \right]^2 \right\} \frac{SD_{max}}{\bar{\sigma}_D} \quad (4)$$

dimana

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

dan

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

Dengan:

derajat keanggotaan titik data j di dalam kelompok ke- i (μ_{kj}), jumlah titik data (N), jumlah kelompok (c) dan pusat kluster ke- k . (V_k)

- Menentukan pembobotan geografis w_{ij} menggunakan rumus.

$$w_{ij} = \frac{(m_i m_j)^b}{d_{ij}^a} \quad (5)$$

Dimana jumlah populasi dari objek/wilayah ke- i (m_i), jumlah populasi dari objek/wilayah ke- j (m_j) dan jarak antar wilayah ke- i dan wilayah ke- j (d_{ij}^a) dengan jarak *Euclidean* menggunakan rumus.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (6)$$

Dimana jarak (d), koordinat *latitude* 1 (x_1), koordinat *latitude* 2 (x_2), koordinat *longitude* 1 (y_1), koordinat *longitude* 2 (y_2).

- Membentuk matriks u derajat keanggotaan awal. Matriks dibentuk secara acak dengan jumlah setiap elemen dalam setiap baris adalah 1 (satu).

$$\alpha + \beta = 1$$

- Menghitung nilai pusat v_i dari masing-masing kluster dengan persamaan.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad (7)$$

- Memperbaiki matriks u_{ik} menggunakan persamaan.

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{|v_i - x_k|}{|v_j - x_k|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (8)$$

dan memperbaharui nilai keanggotaan dengan menambah efek geografis μ'_i menggunakan rumus.

$$\mu'_i = \alpha \mu_i + \beta \frac{1}{A} \sum_j w_{ij} \mu_j \quad (9)$$

- Menentukan kriteria penghentian iterasi yaitu apabila perubahan nilai *membership function* di bawah nilai *threshold* yang telah ditentukan maka iterasi berhenti, namun jika nilai *membership function* yang diperoleh masih di atas nilai *threshold* maka kembali ke langkah 9.
- Memperoleh hasil pengelompokkan dari analisis FGWC yang dilakukan.

- Menganalisis karakteristik masing-masing kluster yang diperoleh berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat dari analisis *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistik Deskriptif

Ringkasan umum dari variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

Variabel	Minimal	Maksimal	Mean	Range
X ₁	34.95	99.07	88.4774	64.12
X ₂	12.97	66.64	33.4579	53.67
X ₃	9.61	36.29	19.4391	26.68
X ₄	55.59	98.26	91.4109	42.67
X ₅	38.94	81.83	66.1512	42.89
X ₆	26.49	85.55	59.0950	59.06

Tabel 2 menunjukkan variabel X₁ memiliki nilai maksimal 99,07 persen di provinsi DIY, sementara provinsi DKI Jakarta memiliki nilai maksimal pada empat variabel yaitu X₂, X₃, X₅ dan X₆, untuk nilai maksimal pada variabel X₄ ada di provinsi Kepulauan Riau dengan nilai 98,26 persen. Sedangkan untuk nilai minimal pada seluruh variabel terdapat pada provinsi Papua. Selain itu, data amatan di setiap variabel memiliki rentang yang besar. Dari variabel X₃ yang memiliki rentang terkecil dengan nilai 26.68 hingga variabel X₁ yang memiliki rentang terbesar dengan nilai 64.12.

Perhitungan untuk standardisasi dilakukan dengan menggunakan persamaan 3. Tabel 3 menunjukkan hasil standardisasi data indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK tahun 2021.

Tabel 3. Standardisasi Data

Provinsi	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Aceh	-0.395	-0.346	-0.631	-0.006	0.617	-0.882
Sumatera Utara	0.112	-0.692	-0.611	0.351	-0.137	0.006
Sumatera Barat	0.304	-0.353	0.494	0.289	-0.101	-0.085
Riau	0.397	0.008	0.050	0.800	0.550	0.334
Jambi	0.218	-0.697	-0.260	0.264	0.146	-0.270
Sumatera Selatan	0.168	-0.768	-0.829	0.232	-0.202	-0.197
Bengkulu	0.167	-0.255	-0.160	0.005	-0.225	-0.368
Lampung	0.336	-0.473	-1.330	0.223	-0.289	0.075
Kep. Bangka						
Belitung	0.489	0.128	-0.087	0.278	0.258	0.165
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Papua	-4.565	-1.685	-1.624	-5.203	-3.390	-2.916

B. *Fuzzy Geographically Weighted Clustering* (FGWC)

Langkah awal dalam melakukan analisis dengan FGWC adalah menentukan jumlah kluster optimum menggunakan indeks validitas IFV. Untuk penentuan jumlah kluster yang optimum dapat diketahui dari nilai IFV yang tertinggi Adapun nilai indeks validitas IFV yang diperoleh pada masing-masing kluster dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Indeks Validitas IFV

Jumlah kluster	Indeks Validitas IFV
2	34.00000
3	44.27051
4	34.00001
5	29.32895
6	25.24323
7	21.87448

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa kluster 3 memiliki nilai IFV tertinggi dibandingkan kluster lainnya. Maka kluster yang akan dibentuk untuk pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK adalah 3 kluster.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pembobotan geografis dengan menggunakan data populasi dan jarak antar wilayah dari 34 provinsi yang akan membentuk matriks 34×34 . Nilai pembobotan geografis yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Pembobot Geografis

W_{ij}	W_{i1}	W_{i2}	W_{i3}	W_{i4}	W_{ij}	W_{i34}
W_{1j}	0.000000e+00	209.4198e+11	43.90893e+11	52.24304e+11	...	5.492939e+11
W_{2j}	209.4198e+11	0.000000e+00	267.2331e+11	343.0638e+11	...	16.65448e+11
W_{3j}	43.90893e+11	267.2331e+11	0.000000e+00	263.5759e+11	...	6.490328e+11
W_{4j}	52.24304e+11	343.0638e+11	263.5759e+11	0.000000e+00	...	7.715104e+11
W_{5j}	13.45066e+11	68.50064e+11	65.68349e+11	71.53082e+11	...	2.580645e+11
W_{6j}	17.78735e+11	76.78918e+11	49.47134e+11	54.98608e+11	...	4.568510e+11
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
W_{34j}	5.492939e+11	16.65448e+11	6.490328e+11	7.715104e+11	...	0.000000e+00

Berdasarkan pembobot geografis pada Tabel 5 diketahui bahwa untuk pembobot geografis dari provinsi tertentu dengan dirinya sendiri maka nilai pembobot geografisnya bernilai nol. Karena itu matrik pembobot geografis yang terbentuk memiliki nilai 0 pada diagonal utama.

Langkah berikutnya yaitu penghitungan pusat kluster untuk mengetahui jarak data terhadap pusat klusternya. Jika nilai pusat data memiliki jarak terdekat, maka objek tersebut masuk ke dalam kluster. Nilai pusat kluster yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pusat klater

Variabel	Kluster 1	Kluster 2	Kluster 3
X_1	0.02644448	-0.24374595	0.21221371
X_2	-0.06596859	-0.37852388	0.39845398
X_3	0.006299261	-0.308376940	0.254309426
X_4	0.03233846	-0.11306850	0.08747514
X_5	0.02505103	-0.33986337	0.27873101
X_6	-0.01818048	-0.38812335	0.36159135

Setelah didapatkan pusat kluster dan pembobotan geografis pada matriks keanggotaan, maka diperoleh nilai keanggotaan untuk FGWC. Keanggotaan dari provinsi dapat dilihat berdasarkan nilai derajat keanggotaan terbesar. Adapun derajat keanggotaan dan hasil kluster yang diperoleh disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Derajat Keanggotaan dan Hasil Kaster

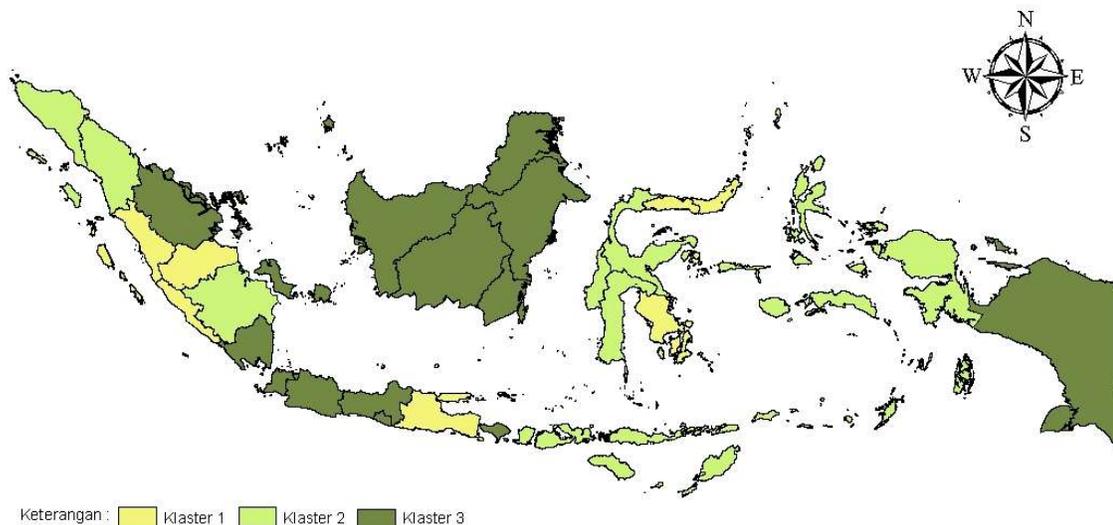
Provinsi	Kluster 1	Kluster 2	Kluster 3	Kluster
Aceh	0.2572479	0.5050236	0.2377285	2
Sumatera Utara	0.3487308	0.3647417	0.2865274	2
Sumatera Barat	0.4294238	0.2418700	0.3287062	1
Riau	0.3494993	0.2152824	0.4352182	3
Jambi	0.3890352	0.3338118	0.2771530	1
Sumatera Selatan	0.3144507	0.3956017	0.2899477	2
Bengkulu	0.3659311	0.3647540	0.2693148	1
Lampung	0.3184552	0.3246608	0.3568840	3
Kep. Bangka Belitung	0.3538880	0.1667856	0.4793264	3
Kep. Riau	0.3126831	0.2441333	0.4431836	3
DKI Jakarta	0.2928386	0.2013747	0.5057867	3
Jawa Barat	0.2809276	0.1727904	0.5462820	3
Jawa Tengah	0.3418057	0.2570979	0.4010964	3
DI Yogyakarta	0.3128890	0.2253872	0.4617238	3
Jawa Timur	0.3575322	0.2865819	0.3558859	1
Banten	0.2632367	0.1593294	0.5774338	3
Bali	0.2899930	0.2053937	0.5046133	3
Nusa Tenggara Barat	0.2874818	0.4172064	0.2953117	2
Nusa Tenggara Timur	0.3058997	0.3864271	0.3076732	2

Provinsi	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster
Kalimantan Barat	0.2073200	0.5461414	0.2465386	2
Kalimantan Tengah	0.3574107	0.1927897	0.4497996	3
Kalimantan Selatan	0.2521904	0.1664678	0.5813418	3
Kalimantan Timur	0.3114270	0.2384701	0.4501029	3
Kalimantan Utara	0.3038403	0.2269154	0.4692443	3
Sulawesi Utara	0.4052719	0.2660007	0.3287274	1
Sulawesi Tengah	0.2551350	0.5180308	0.2268342	2
Sulawesi Selatan	0.4001601	0.2387249	0.3611150	1
Sulawesi Tenggara	0.4454244	0.2554626	0.2991130	1
Gorontalo	0.3850483	0.3834720	0.3850427	1
Sulawesi Barat	0.2942487	0.4316936	0.2740577	2
Maluku	0.3070021	0.2708173	0.2708173	2
Maluku Utara	0.3130961	0.4021308	0.2847732	2
Papua Barat	0.3451725	0.3488170	0.3060106	2
Papua	0.3240931	0.3261589	0.3497480	3

Derajat keanggotaan yang ditunjukkan oleh Tabel 7, dapat diketahui suatu provinsi dapat menjadi anggota klaster tertentu. Adapun hasil dari analisis FGWC untuk indikator kesejahteraan rakyat tahun 2021 sebagai berikut.

1. Klaster 1 terdiri dari 8 provinsi, yaitu Sumatera Barat, Jambi, Bengkulu, Jawa Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Gorontalo.
2. Klaster 2 terdiri dari 11 provinsi, yaitu provinsi Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, NTB, NTT, Kalimantan Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara, dan Papua Barat.
3. Klaster 3 terdiri dari 15 provinsi, yaitu Riau, Lampung, Kep. Bangka Belitung, Kep. Riau, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, DIY, Banten, Bali, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara dan Papua.

Secara visual dapat dilihat pada Gambar 1 yang menyajikan persebaran provinsi menurut masing-masing klaster yang telah terbentuk sebelumnya.



Gambar 1. Peta Sebaran Klaster

Gambar 1 menunjukkan peta dari provinsi yang ada di Indonesia hasil klaster menggunakan FGWC. Dapat diketahui bahwa klaster 3 terdiri dari provinsi yang memiliki wilayah yang luas atau penduduk yang padat dan mayoritas anggota klaster 2 terdiri dari provinsi dengan luas wilayah yang sedang. Sementara klaster 1 terdiri dari provinsi yang terletak ditengah ataupun di ujung pulau. Selain itu setiap klaster yang terbentuk akan menghasilkan karakteristiknya tersendiri dari variabel yang menjadi indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK 2021. Tabel 8 merupakan gambaran dari karakteristik anggota klaster.

Tabel 8. Rata-rata Indikator Anggota klaster

Variabel	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
X_1	91.79	82.51	91.09
X_2	29.05	24.58	42.32
X_3	19.10	16.18	22.01
X_4	92.49	90.93	91.19
X_5	66.54	61.31	69.49
X_6	57.65	49.23	65.73

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat rata-rata untuk setiap variabel pada masing-masing klaster. Dimana klaster 1 terdiri dari provinsi yang memiliki nilai indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK status sedang dimana lebih baik dibandingkan klaster 2 dan masih kurang dibandingkan klaster 3. Namun, klaster 1 memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan klaster lainnya pada proporsi remaja dan dewasa usia 15-24 tahun dengan Keterampilan TIK (X_1) dan persentase rumah tangga yang memiliki/menguasai telepon seluler (X_4). Untuk klaster 2 terdiri dari provinsi yang memiliki nilai indikator kesejahteraan aspek TIK status rendah. Hal ini karena, nilai rata-rata pada seluruh variabel yang lebih rendah dibandingkan klaster 1 dan 3.

Klaster 3 merupakan klaster yang memiliki nilai indikator kesejahteraan aspek TIK dengan status tinggi dimana 4 dari 6 variabel indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan klaster lainnya. 4 variabel tersebut yaitu persentase penduduk bekerja yang menggunakan internet pada pekerjaan (X_2), persentase rumah tangga yang memiliki/menguasai komputer (X_3), persentase penduduk yang memiliki/menguasai telepon seluler (X_5) dan persentase penduduk berumur 5 tahun ke atas yang mengakses internet dalam 3 bulan terakhir (X_6). Meskipun klaster 3 memiliki status kesejahteraan rakyat tinggi pada 4 variabel tersebut, ini tetap menjadi tantangan dalam kesejahteraan rakyat. Karena meskipun dengan nilai rata-rata yang tinggi dibandingkan klaster lainnya, namun nilai rata-rata tersebut masih dibawah 80%. Maka dapat disimpulkan bahwa selain pemerataan kesejahteraan rakyat aspek TIK bagi seluruh rakyat Indonesia, peningkatan pemanfaatan TIK juga perlu diperhatikan pemerintah.

IV. KESIMPULAN

Dari klaster yang dihasilkan dari indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK tahun 2021 dari 34 provinsi di Indonesia didapatkan lebih dari setengahnya memiliki kesejahteraan aspek TIK menengah keatas dan ini berarti pemanfaatan TIK di Indonesia tergolong baik. Dari analisis menggunakan FGWC yang digunakan terbentuk 3 klaster optimum. Dimana klaster 1 memiliki status indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK sedang dan terletak ditengah ataupun di ujung pulau, provinsi dari klaster 2 memiliki status indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK rendah dengan luas wilayah yang sedang, sementara klaster 3 memiliki status indikator kesejahteraan rakyat aspek TIK tinggi dengan wilayah yang luas atau penduduk yang padat. Dari klaster yang dihasilkan dengan metode FGWC memberikan gambaran untuk karakteristik setiap klaster yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan pusat Statistik. (2022). *Indikator Kesejahteraan Rakyat*. (diunduh tanggal 11 Februari 2023).
- Chunchun, H., Lingkui, M., dan Wenzhong, S. (2008). Fuzzy Clustering Validity For Spatial Data. *Geo-spatial Information Science*, 11(3):191-196.
- Dewi, D. M., Setyaningsih, I. I., & Romadhon, A. (2021). "Impact of Information and Communication Technology on The Welfare of Population in Eastern Indonesia", *Proceedings of The International Conference on Data Science and Official Statistics (No. 1, pp. 621-631)*.
- Hadi, B.S. (2017). Pendekatan Modified Particle Swarm Optimization dan Artificial Bee Colony pada Fuzzy Geographically Weighted Clustering. Surabaya: *Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Hadiyat, Y. D. (2014). Kesenjangan Digital di Indonesia (Studi Kasus di Kabupaten Wakatobi). *Jurnal Pekommas*, 17(2), 81-90.
- Kassambara, A. (2017). *Practical Guide To Cluster Analysis in R Unsupervised Machine Learning*. USA: STHDA.
- Maliku, E. T., Rais., dan Fajri, M. (2022). pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Tengah Berdasarkan Indikator Pembangunan Ekonomi Menggunakan *Fuzzy Geographically Weighted Clustering*. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, 19(1): 130-143.

- Mason, G. A., & Jacobson, R. D. (2007). Fuzzy Geographically Weighted Clustering: Research Gate. *In Proceeding of the 9th International Conference on Geocomputation (No. 1998, pp.1-7)*
- Nurislaminingsih, R., Sukaesih, & Winoto, Y. (2021). Manajemen Pengetahuan dan Perpustakaan: Analisis Tematik di Google Scholar. *ANUVA 5(1)*, 63-74.
- Sara, D. S. (2018). "Fuzzy Geographically Weighted Clustering untuk Pengelompokan Indikator Kesejahteraan Rakyat di Provinsi Jawa Tengah". *Skripsi*, 70 Hal, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia.
- Soemartini, S., & Supartini, E. (2017). Analisis *K-Mean Cluster* Untuk pengelompokan Kabupaten/Kota di Jawa Barat Berdasarkan Indikator Masyarakat. *Konferensi Nasional Penelitian Matematika Dan Pembelajarannya II Universitas Muhammadiyah Surakarta*, (144-154).
- Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Set. *Information and Control*, 8: 338-353.