

**Strategi Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan
(SDGs) di Era Ketidakpastian Global dengan Pendekatan
Ekonomi Hijau Menggunakan Metode Analisis Klaster
*Fuzzy C-Means***



Mistimator

Disusun Oleh :

1. Mohammad Dafi Nazwa Aulia
2. Zidan Qurosey Sabilla

Universitas Gadjah Mada

Bulaksumur, Caturtunggal, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

2023

Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir, perekonomian global menghadapi banyak tantangan yang kompleks. Pandemi Covid-19, eskalasi konflik geopolitik global, dan isu perubahan iklim terus diangkat oleh para aktivis lingkungan hidup. Liu *et al.* (2022) berpendapat bahwa negara-negara di dunia, termasuk negara maju dan berkembang, sedang menghadapi permasalahan perubahan iklim dan pencemaran lingkungan dalam rangka mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Hal ini bukan tanpa alasan mengingat pertumbuhan ekonomi seringkali tidak diimbangi dengan peningkatan kualitas lingkungan. Terjadinya degradasi lingkungan menyebabkan berkurangnya produktivitas lahan dan terganggunya keseimbangan ekosistem sehingga berdampak pada berkurangnya produksi pangan serta meningkatnya mortalitas dan morbiditas (Dvorak *et al.*, 2018; Usman *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian yang dipaparkan oleh Yi & Liu (2015), satu-satunya cara untuk mencapai pertumbuhan ekonomi jangka panjang yang berkelanjutan adalah menyelidiki beberapa model pertumbuhan ekonomi hijau yang inklusif, yang mempertimbangkan pertumbuhan ekonomi, keadilan sosial, dan perlindungan lingkungan. *Green economy* menjadi sebuah solusi dalam mendukung pencapaian pembangunan berkelanjutan di tengah-tengah instabilitas perubahan iklim. Pertumbuhan ekonomi yang berbasis ekonomi hijau dapat berkontribusi untuk penggunaan sumber daya secara tepat, mitigasi dan reduksi polusi, penciptaan lapangan kerja yang lebih luas dan inklusif, serta memungkinkan pencapaian target pembangunan berkelanjutan (Kasztelan, 2017). Sejalan dengan misi Indonesia dalam penerapan SDGs di tujuan (1) tanpa kemiskinan, (3) kehidupan sehat dan sejahtera, (7) energi bersih dan terjangkau, (8) pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi, (12) konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, serta (13) penanganan perubahan iklim, maka ekonomi hijau menjadi jawaban atas tujuan SDGs tersebut.

Implementasi ekonomi hijau memerlukan sebuah strategi kebijakan yang tepat, namun pada dasarnya penentuan strategi disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi masing-

masing wilayah agar implementasi berjalan efektif. *Clustering* atau pengelompokan merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk membantu dasar penentuan kebijakan dengan melihat hasil klasterisasi antar wilayah. Anggoro *et al.* (2022) menjelaskan bahwa pemetaan merupakan sebuah metode statistik dengan membagi data ke dalam beberapa kelompok sehingga akan diketahui pola hubungan antar kelompok atau wilayah. Metode *clustering* sangat banyak sekali, namun salah satunya adalah metode *Fuzzy C-Means* (FCM). Metode *Fuzzy C-Means* merupakan salah satu metode klasterisasi non-hierarki dengan mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristik sehingga data yang memiliki karakteristik yang sama akan berkumpul menjadi satu kelompok (Johnson & Wichern, 2002).

Pembahasan

Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder tahun 2022 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) serta Kementerian Ketenagakerjaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi informasi yang berkaitan dengan aspek *green economy*, yaitu aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Variabel persentase kemiskinan, tingkat pengangguran terbuka, dan usia harapan hidup mewakili aspek sosial. Kemudian, variabel PDRB per kapita, produktivitas tenaga kerja industri, dan produktivitas tenaga kerja sektor pengelolaan lingkungan mewakili aspek ekonomi. Lalu, aspek lingkungan diwakili oleh indeks emisi provinsi, produktivitas lahan padi, serta penggunaan gas rumah tangga. Untuk Indeks Emisi Provinsi dihitung berdasarkan Indeks Emisi Indonesia, PDRB Provinsi, dan PDB Indonesia (Ekasari, 2018). Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Indeks Emisi Provinsi} = \frac{\text{Indeks Emisi Indonesia} \times \text{PDRB Provinsi}}{\text{PDB Indonesia}}$$

Tabel 1. Dataset Penelitian

Variabel	Deskripsi	Sumber
unemployment	Tingkat pengangguran terbuka (%)	Badan Pusat Statistik
poverty	Persentase Kemiskinan (%)	Badan Pusat Statistik
life_expectancy	Usia harapan hidup (tahun)	Badan Pusat Statistik
grdp_per_capita	PDRB per kapita (Ribuan Rp)	Badan Pusat Statistik
industrial_labor	Produktivitas tenaga kerja sektor industri (Juta Rp/Tk)	Kementerian Ketenagakerjaan
env_labor	Produktivitas tenaga kerja sektor pengelolaan lingkungan (Juta Rp/Tk)	Kementerian Ketenagakerjaan
emission	Indeks emisi provinsi GtCO ₂	Badan Pusat Statistik
paddy_land	Produktivitas lahan padi (Kg/ha)	Badan Pusat Statistik
gas_used	Rasio penggunaan gas rumah tangga	Badan Pusat Statistik

Statistik Deskriptif

Pada tahap awal dilihat statistik deskriptif dari masing-masing variabel untuk seluruh provinsi di Indonesia yang ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

Variabel	Min	1 st Qu	Median	Mean	3 rd Qu	Max
unemployment	2.72	3.98	4.66	5.04	6.01	8.33
poverty	4.53	6.32	8.51	10.27	12.22	26.68
life_expectancy	65.67	69.02	70.47	70.45	71.91	75.11
grdp_per_capita	21718.26	44315.81	59227.57	76521.12	71793.33	298359.97
industrial_labor	36.01	83.61	112.59	136.47	126.92	578.69
env_labor	5.77	13.40	18.04	21.87	20.34	92.73
emission	29.55	68.60	92.38	111.97	104.14	474.81
paddy_land	179.48	50069.94	111623.90	307431.54	271849.9	1693211
gas_used	1.26	84.05	90.09	76.97	90.09	98.23

Asumsi Analisis Kluster

Menurut J.F Hair *et al.* (2009) asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis kluster yakni tidak terdapat multikolinearitas di antara semua variabel. Uji multikolinearitas bertujuan untuk mendeteksi korelasi antara dua atau lebih variabel. Salah satu cara melihat gejala multikolinearitas adalah dengan melihat nilai *tolerance* atau *Variance Inflation Factor* (VIF) (S. Santoso, 2015). Jika nilai VIF melebihi 10, maka terindikasi terdapat multikolinearitas antar variabel.

Tabel 3. Nilai VIF

Variabel	VIF	Variabel	VIF	Variabel	VIF
unemployment	2.0	life_expectancy	2.4	industrial_labor	inf
poverty	2.7	grdp_per_capita	52.6	env_labor	inf
emisson	inf	paddy_land	1.8	gas_used	2.1

Berdasarkan tabel 3 terlihat bahwa terdapat variabel yang memiliki nilai $VIF > 10$ yakni variabel *grdp_per_capita*, *industrial_labor*, *env_labor*, dan *emission*, maka terindikasi adanya multikolinearitas pada data. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan analisis komponen utama yang bertujuan membentuk kombinasi linear dari variabel-variabel sebelumnya yang disebut komponen utama sehingga antar komponen utama tidak saling berkorelasi. Komponen utama yang terbentuk berjumlah 3 dengan persentase total variabilitas yang dapat dijelaskan komponen utama berjumlah 86.04%.

Jumlah Klaster Optimal

Sebelum membuat model *Fuzzy C-Means* klaster maka terlebih dahulu harus dilakukan estimasi terhadap jumlah klaster optimal yang terbentuk. Metode yang digunakan yakni metode Silhouette (Rousseeuw, 1987), Gap Statistic (Tibshirani *et al.*, 2001), dan Elbow (Thorndike, 1953). Sejalan dengan hal tersebut, maka model *Fuzzy C-Means* untuk klasterisasi *green economy* di Indonesia memiliki klaster optimal sejumlah enam klaster (dengan metode Silhouette dan Elbow), serta satu klaster (dengan metode gap statistics). Karena memiliki jumlah klaster optimal yang berbeda maka akan dijalankan validasi pengujian beberapa klaster. Proses validasi dilakukan dengan menggunakan parameter seperti *Fuzzy Silhouette Index* (FSI), *Partition Entropy* (PE), *Partition Coefficient* (PC), dan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Tujuan validasi ini yaitu memastikan jumlah klaster optimal yang terbaik. Berdasarkan hasil pengukuran validasi pada Tabel 4 (FSI, PE, PC, dan MPC) ditunjukkan bahwa dua klaster merupakan model terbaik. Dengan nilai FSI terbesar 0.7393503, nilai PE terkecil 0.3484807, nilai PC terbesar 0.7906785, serta nilai MPC terbesar 0.5813571.

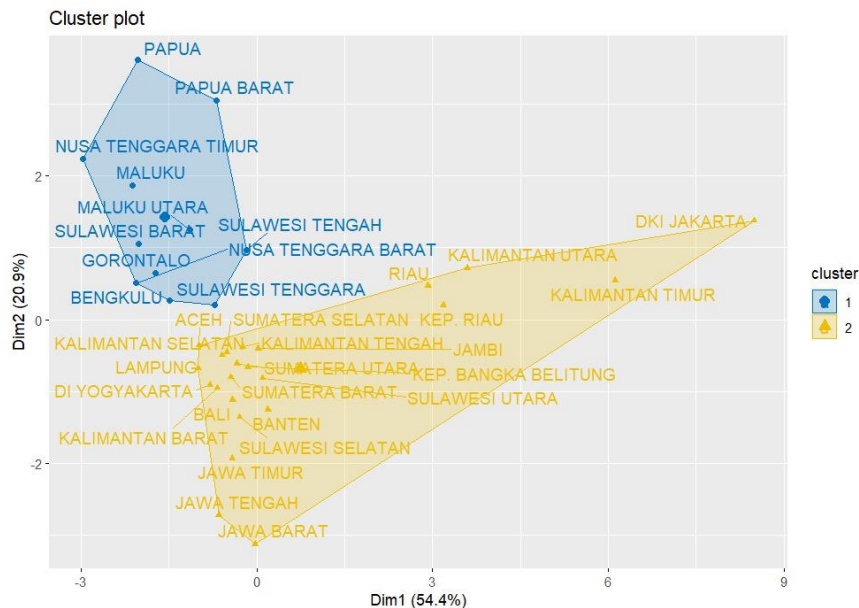
Tabel 4. Validasi Klaster

n Klaster	<i>Fuzzy Silhouette Index (FSI)</i>	<i>Partition Entropy (PE)</i>	<i>Partition Coefficient (PC)</i>	<i>Modified Partition Coefficient (MPC)</i>
2	0.7393503	0.3484807	0.7906785	0.5813571
3	0.6686888	0.5318941	0.6969879	0.5454819
4	0.633298	0.6892484	0.639742	0.519656
5	0.7289079	0.7194335	0.6539824	0.567478
6	0.7212458	0.7702792	0.6428389	0.5714066

Hasil Klaster *Fuzzy C-Means*

Hasil klaster optimal metode *Fuzzy C-Means* dapat mempermudah pemetaan perkembangan implementasi *green economy* oleh provinsi di Indonesia karena adanya kecenderungan kemiripan karakteristik suatu wilayah dalam klaster yang sama. Sharma & Borana (2014) menjelaskan bahwa algoritma *Fuzzy C-Means* memiliki kemampuan tingkat tinggi dalam mendeteksi klaster sehingga mampu menunjukkan hubungan antar pola klaster berbeda secara lebih baik. Berikut adalah hasil yang diperoleh.

Gambar 1. Klaster Plot



Gambar 1 menunjukkan plot hasil kluster untuk 34 provinsi di Indonesia berdasarkan beberapa variabel *green economy* yang telah di deskripsikan pada data. Diketahui bahwa kluster yang terbentuk adalah sebanyak 2 kluster berdasarkan hasil validasi penentuan kluster menggunakan 4 parameter. Berdasarkan visualisasi gambar 1 ditunjukkan bahwa plot berwarna biru merupakan kluster 1 dan plot berwarna kuning merupakan kluster 2. Dengan rata-rata variabel dari setiap kluster adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Rata-Rata Variabel pada Masing-Masing Kluster

Variabel	Kluster 1	Kluster 2	Variabel	Kluster 1	Kluster 2
unemployment	10.98052	6.15700	industrial_labor	99.73958	349.49684
poverty	4.851724	6.163000	env_labor	15.98227	56.00337
life_expectancy	70.07397	72.62100	emisson	81.83592	286.76076
grdp_per_capita	54567.22	203853.71	paddy_land	356116.81	25056.99
			gas_used	74.26069	92.68200

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 2 dapat dilihat bahwa kluster 2 berisikan provinsi yang memiliki nilai variabel *green economy* yang lebih baik dibandingkan wilayah kluster 1. Secara garis besar, kluster 2 memiliki aspek ekonomi dan sosial yang lebih baik sedangkan kluster 1 hanya lebih unggul dari sisi lingkungan. Dari aspek sosial, tingkat kemiskinan di kedua kluster berada di bawah tingkat kemiskinan Indonesia yakni 9.55, namun kluster 2 memiliki tingkat kemiskinan yang lebih tinggi. Selain itu, tingkat pengangguran di kluster 1 lebih tinggi dibandingkan dengan kluster 2, sedangkan angka harapan hidup di kluster 1 dan 2 tidak berbeda secara signifikan. Oleh sebab itu, prioritas kebijakan untuk aspek sosial di wilayah kluster 1 perlu difokuskan untuk mengurangi tingkat pengangguran.

Dari aspek ekonomi, terdapat ketimpangan yang tinggi untuk produktivitas penduduk antara kluster 1 dan kluster 2 yang tercermin dari nilai PDRB per kapita, produktivitas tenaga kerja sektor industri, dan produktivitas tenaga kerja sektor pengelolaan lingkungan. Kluster 2 memiliki nilai dari masing-masing variabel tersebut sebesar 203.854 (ribu rupiah), 349.497 (juta rupiah/tk), dan 56.003 (juta rupiah/tk) yang mana

nilainya hampir 4 kali lipat klaster 1. Dari aspek lingkungan, klaster 1 memiliki kondisi variabel yang lebih baik dibandingkan klaster 2, sehingga klaster 2 sebaiknya terus memprioritaskan perbaikan terhadap aspek lingkungan sambil tetap mempertahankan aspek pertumbuhan ekonomi dan aspek pemerataan sosial.

Gambar 2. *Final Cluster Indikator Green Economy di Indonesia*



Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat kecenderungan wilayah di klaster 2 dengan indikator *green economy* yang lebih baik mengelompok pada Indonesia bagian barat. Diketahui bahwa klaster 2 diisi oleh provinsi-provinsi yang memiliki aktivitas sektor industri yang tinggi seperti Jawa Tengah dan Jawa Barat. Dengan kata lain, wilayah klaster 2 bisa menjadi wilayah potensial untuk menjadi motor penggerak perekonomian di Indonesia. Akan tetapi, tingginya aktivitas industri di provinsi klaster 2 belum diikuti secara seimbang dengan perbaikan aspek lingkungan seperti tingkat emisi karbon.

Dapat diketahui pula untuk provinsi di klaster 1 menyebar di Indonesia bagian tengah dan timur. Klaster 1 mencakup wilayah-wilayah yang belum bisa mengoptimalkan penerapan *green economy* untuk menstimulasi pertumbuhan ekonomi yang inklusif

karena tidak didukung oleh produktivitas tenaga kerja. Dengan demikian, baik pemerintah provinsi dan daerah perlu membantu peningkatan akses pendidikan kepada masyarakat luas khususnya bagi kelompok tidak mampu, serta turut berperan menyediakan program pelatihan tenaga kerja yang berkualitas.

Penutup

Studi ini melihat perkembangan implementasi *green economy* berdasarkan hasil klusterisasi provinsi di Indonesia. Berdasarkan hasil pemodelan, klusterisasi *green economy* di Indonesia terbagi menjadi dua klaster. Klaster 1 memiliki penerapan aspek lingkungan yang lebih baik, namun cenderung belum mengoptimalkan implementasi *green economy* terutama pada aspek sosial dan ekonomi. Sementara itu, provinsi yang berada di klaster 2 memiliki sumbangan yang cukup besar terhadap perekonomian Indonesia, sehingga memiliki aspek sosial dan ekonomi yang lebih baik dibandingkan dengan provinsi di klaster 1. Namun, karena provinsi di klaster 2 memiliki aktivitas sektor industri yang tinggi, sehingga penerapan *green economy* dari sisi aspek lingkungan belum optimal terutama tingkat emisi karbon.

Upaya penguatan implementasi *green economy* di Indonesia bisa dilakukan berdasarkan hasil klusterisasi. Prioritas kebijakan provinsi di klaster 1 difokuskan untuk perbaikan pada aspek sosial dan ekonomi sembari menjaga aspek lingkungan. Sedangkan prioritas kebijakan provinsi di klaster 2 difokuskan untuk mengurangi angka emisi dan dampak negatif dari aktivitas sektor industri secara bertahap. Selain itu, pemerintah pusat perlu memperkuat koordinasi dengan pemangku kebijakan lain melalui konsep *quad helix* yakni sebuah model kolaborasi yang melibatkan empat aktor antara lain pemerintah, perguruan tinggi, bisnis, dan komunitas atau masyarakat. Pemerintah berfungsi sebagai regulator dan katalisator untuk mendukung *green economy*, perguruan tinggi sebagai pusat penelitian untuk mencetuskan inovasi penerapan *green economy*, sektor bisnis menjadi pendukung dan pengguna inovasi, dan masyarakat bisa mendukung segala kebijakan yang dijalankan.

Daftar Pustaka

- Anggoro, F., Caraka, R. E., Prasetyo, F. A., Ramadhani, M., Gio, P. U., Chen, R. C., & Pardamean, B. (2022). Revisiting Cluster Vulnerabilities towards Information and Communication Technologies in the Eastern Island of Indonesia Using Fuzzy C Means. *Sustainability*, 14(6), 3428. <https://doi.org/10.3390/su14063428>
- BPS. (2022). *Statistik Indonesia 2022*.
- Dvorak, A. C., Solo-Gabriele, H. M., Galletti, A., Benzecry, B., Malone, H. Boguszewski, V., & Bird, J. (2018). Possible impacts of sea level rise on disease transmission and potential adaptation strategies, a review. *Journal of Environmental Management*, 217, 951–968. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.102>
- Ekasari, P. N. (2018). *Pengaruh Tingkat Emisi Karbon (CO2) dan Tingkat Kemiskinan terhadap Kualitas Hidup Manusia (Studi pada 38 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2012–2016)*. Universitas Sebelas Maret.
- Hair Jr., J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2009) *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 761.
- Jhonson, R. A., & Wichern, D. W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (5th ed.). Prentice-Hall.
- Kasztelan, A. (2017). Green Growth, Green Economy and Sustainable Development: Terminological and Relational Discourse. *Prague Economic Papers*, 26(4), 487–499. <https://doi.org/10.18267/j.pep.626>
- Kementerian Ketenagakerjaan. (2022). *Ketenagakerjaan Dalam Data Edisi 6 Tahun 2022*.
- Liu, D., Zhang, Y., Hafeez, M., & Ullah, S. (2022). Financial inclusion and its influence on economic environmental performance: demand and supply perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(38), 58212–58221. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18856-1>
- Rousseeuw, P.J. (1987) Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53–65. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](http://dx.doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- Santoso, Singgih. (2015). *Menguasai Statistik Multivariat*. Elex Media Komputindo.

- Sharma, M., dan Borana, K. (2014). Clustering in Data Mining: Brief Review. *International Journal of Core Engineering & Management (IJCEM)*, 1 (1).
- Thorndike, R.L. (1953). Who belongs in the family?. *Psychometrika* 18, 267–276.
<https://doi.org/10.1007/BF02289263>
- Tibshirani, R., Walther, G., & Hastie, T. (2001). Estimating the Number of Clusters in a Data Set via the Gap Statistic. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*, 63(2), 411–423.
<http://www.jstor.org/stable/2680607>
- Yi, H., & Liu, Y. (2015). Green economy in China: Regional variations and policy drivers. *Global Environmental Change*, 31, 11–19.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.12.001>

Lampiran

Syntax

:

<https://drive.google.com/file/d/1Fx74Vub6oM0DVLRYfIRbf06xtqSMv2T9/view?usp=sharing>