

1 **Analisis Kluster Fuzzy C-Means untuk Evaluasi Implementasi Green Economy:**
2 **Studi Kasus Provinsi Jawa Timur**

3 M. Silahul Mu'min*  dan Muhammad Syariful Anam 

4 Magister Ekonomi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

5 Corresponding Email: msilahulm@gmail.com

6 **Abstract**

7 *Climate change and environmental degradation have become major problems for*
8 *achieving sustainable development. Green economy is a solution to answer those*
9 *challenges. This study aims to determine the development of green economy*
10 *implementation based on clustering results in East Java Province. The data in this*
11 *study were collected from the Central Bureau of Statistics (BPS). This study uses eight*
12 *variables based on three aspects of the green economy, namely social, economic, and*
13 *environmental aspects. The Fuzzy C-Means method is used to perform cluster analysis*
14 *to obtain a profile of green economy implementation in East Java based on the best*
15 *model. Based on the modeling results, the best cluster models are two clusters which*
16 *are categorized as areas that need to improve from social and economic aspects*
17 *(cluster 1) and areas that need to improve from an environmental aspect (cluster 2).*
18 *Policy priorities in cluster 1 are aimed at improving the quality of human resources*
19 *and reducing the poverty rate, while those in cluster 2 are focused on reducing the*
20 *negative impact of industrial activities on the environment. In addition, the*
21 *government needs to apply the quad helix concept to strengthen coordination with the*
22 *four development actors namely the government, universities, business, and the*
23 *community.*

24 **Keywords:** *Green Economy, Cluster, Fuzzy C-Means, and East Java Province.*

25 **JEL Classification:** *O11 and R11.*

 <https://doi.org/10.14710/jdep.7.2.121-140>



[This is an open-access article under
the CC BY-SA 4.0 license](#)

26 **Pendahuluan**

27 Perekonomian dunia telah menghadapi berbagai tantangan yang begitu kompleks
28 mulai dari pandemi Covid-19, eskalasi konflik geopolitik dunia, serta isu perubahan
29 iklim yang terus didengungkan. Liu et al. (2022) menyampaikan bahwa negara-negara
30 di dunia, termasuk negara maju dan berkembang, sedang dihadapkan pada
31 problematika perubahan iklim dan polusi lingkungan dalam rangka mencapai
32 pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Hal ini bukanlah tanpa alasan mengingat
33 pencapaian pertumbuhan ekonomi seringkali tidak diimbangi dengan perbaikan
34 kualitas lingkungan. Timbulnya degradasi lingkungan menyebabkan penurunan
35 kinerja produktivitas lahan dan terganggunya keseimbangan ekosistem yang bermuara
36 pada penurunan produksi pangan, meningkatkan angka mortalitas dan morbiditas

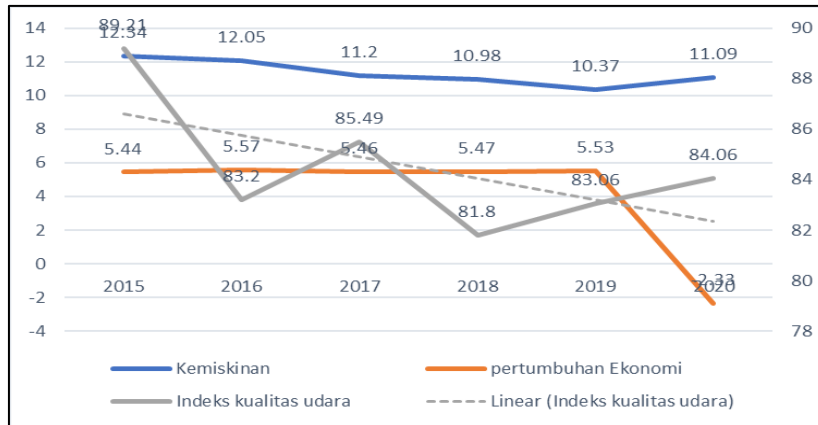
*Corresponding Author: M. Silahul Mu'min, Magister Ekonomi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis,
Universitas Diponegoro, Jl. Hayam Wuruk No.5 Pleburan, Semarang, Indonesia,
msilahulm@gmail.com

(Dvorak et al., 2018; Usman et al., 2022). Studi yang dilakukan oleh Hallegatte et al. (2018) mengonfirmasi dampak perubahan iklim dapat memperburuk kemiskinan secara tidak langsung melalui peningkatan biaya makanan, perumahan, dan perawatan kesehatan.

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). Penerapan ekonomi hijau menjadi sebuah keniscayaan untuk negara berkembang seperti Indonesia. Acharya & Sequeira (2012) memiliki pandangan bahwa perubahan struktur ekonomi ke arah ekonomi hijau untuk negara berkembang dapat memicu stabilitas produksi ekonomi dan kemakmuran dalam jangka panjang. Penciptaan pertumbuhan ekonomi dan investasi yang dibarengi dengan perbaikan kualitas lingkungan dan inklusivitas sosial merupakan kunci utama transisi ke arah ekonomi hijau.

Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki kontribusi terbesar kedua terhadap perekonomian nasional dengan besaran 14,48 persen pada tahun 2021, dibawah DKI Jakarta sebesar 17,18 persen. Selain itu, masa recovery ekonomi Jawa Timur paska pandemi Covid-19 berjalan cukup kencang dengan angka pertumbuhan mencapai 3,56 persen pada 2021 atau naik sebesar 5,89 persen dibandingkan periode sebelumnya. Secara struktur ekonomi, sektor industri memiliki kontribusi terbesar dalam nilai PDRB Jawa Timur dimana pada tahun 2022 memiliki kontribusi sebesar 30% dengan nilai tambah atas harga berlaku sebesar Rp. 2.730,91 triliun. Adapun sektor lain yang turut mendominasi pembentukan nilai tambah Jawa Timur yakni nilai tambah gabungan sektor perdagangan besar dan eceran serta reparasi mobil dan sepeda motor sebesar 18,67 persen serta sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan sebesar 11,11 persen (BPS Provinsi Jawa Timur, 2023)

Gambar 1 menunjukkan perkembangan beberapa indikator green economy untuk Provinsi Jawa Timur tahun 2015 sampai awal periode pandemi Covid-19. Tren pertumbuhan ekonomi Jawa Timur relatif stabil berada di kisaran angka 5,4–5,5 persen namun mengalami kontraksi yang cukup dalam ketika pandemi menjadi minus 2,33 persen. Indeks Kualitas Udara Jawa Timur memiliki kecenderungan tren yang menurun dengan angka terendah pada tahun 2018 sebesar 81,8. Pemberlakuan pembatasan aktivitas pada masa pandemi cukup memberi dampak positif terhadap kualitas udara di Jawa Timur yang tercermin pada kenaikan Indeks Kualitas Udara pada tahun 2020 menjadi 84,06. Akan tetapi, angka tersebut masih sedikit berada dibawah target Indeks Kualitas Udara dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2024 sebesar 84,5. Indikator lain yakni tingkat kemiskinan memiliki kecenderungan tren menurun akan tetapi kembali meningkat ketika masa pandemi Covid-19. Perkembangan indikator-indikator tersebut menyiratkan bahwa pencapaian pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur belum sepenuhnya berbasiskan konsep green economy. Oleh karena itu, menjadi sebuah keniscayaan untuk memperkuat implementasi green economy berbagai sektor di Jawa Timur.

Gambar 1. Perkembangan Beberapa Indikator *Green Economy* Tahun 2015-2020

Sumber: Badan Pusat Statistik (diolah)

Implementasi green economy memerlukan sebuah strategi kebijakan yang tepat mengingat Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan kontribusi terbesar PDB nasional dan jumlah sentra industri terbanyak di Indonesia. Pada dasarnya penentuan strategi disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi masing-masing wilayah agar implementasi berjalan efektif. Clustering atau pemetaan 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 sebuah data ke dalam beberapa kelompok sehingga akan diketahui pola hubungan antar kelompok atau wilayah. Metode Fuzzy C-Means (FCM) merupakan salah satu metode klasterisasi non-hierarki dengan mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristik sehingga data yang memiliki karakteristik sama akan berkumpul menjadi satu kelompok dan yang berbeda akan digabungkan dengan kelompok lain (Jhonson & Wichern, 2002).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi green economy di Provinsi Jawa Timur melalui pemetaan kabupaten/kota berdasarkan 3 indikator, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Pemahaman mengenai implementasi green economy pada tingkat regional perlu dilengkapi dengan analisis yang mampu mengidentifikasi keragaman karakteristik antardaerah. Dalam hal ini, metode FCM dipilih karena memiliki fleksibilitas dalam mengelompokkan objek berdasarkan karakteristik yang dimiliki (Risqiyani & Kesumawati, 2016). Selain itu, FCM dinilai mampu mengakomodasi berbagai macam ketidaktepatan dari spesifikasi hipotesis dan informasi yang diperoleh dari data (Malathi & Kavitha, 2019). Selain itu, studi ini terlebih dahulu akan memaparkan perkembangan riset tentang green economy berdasarkan pendekatan analisis bibliometrik. Hal demikian untuk mengetahui bagaimana tren dan pola pertumbuhan hasil studi green economy dalam skala global dan nasional. Dengan mengintegrasikan analisis bibliometrik dan klasterisasi FCM, penelitian ini diharapkan dapat memberikan perspektif yang lebih komprehensif melalui identifikasi perkembangan literatur sekaligus pemetaan heterogenitas implementasi green economy antarkabupaten/kota di Jawa Timur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan empiris bagi perumusan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang lebih kontekstual dan sesuai dengan karakteristik masing-masing wilayah di Jawa Timur.

118 Tinjauan Pustaka

119 *Green Economy*

120 Konsep *green economy* pertama kali diperkenalkan oleh Pearce *et al.* (1989) dalam
121 buku yang berjudul “*Blueprint for a Green Economy*” (Le Blanc, 2011). Secara garis
122 besar, dijelaskan bahwa sistem harga menjadi penyebab utama adanya efek negatif
123 terhadap lingkungan dalam alokasi sumber daya alam untuk mendukung aktivitas
124 ekonomi (Endriana *et al.*, 2016). Penentuan sistem harga tersebut belum menjadikan
125 lingkungan dan sosial sebagai aspek utama sehingga dalam implementasinya
126 pencapaian pertumbuhan ekonomi tidak luput adanya eksternalitas negatif dalam
127 lingkungan.

128 Sejauh ini belum ada konsensus resmi mengenai definisi *green economy*. Tetapi
129 jika merujuk definisi dari salah satu lembaga internasional yakni UNEP (2011), *green*
130 *economy* berkaitan pada mekanisme aktivitas ekonomi yang mampu meningkatkan
131 kesejahteraan manusia dan modal sosial dengan tetap memperhatikan reduksi emisi
132 gas, efisiensi sumber daya, dan pengurangan disparitas sosial. Sehingga, dapat
133 dipahami jika konsep *green economy* sangat menekankan pada produksi emisi karbon
134 yang rendah dengan meningkatkan efisiensi sumber daya dan konsumsi energi. Aspek
135 inklusivitas menjadi bagian erat dari *green economy* terlebih penggunaan sumber daya
136 harus bisa mengakomodasi semua level masyarakat. Al-Taai (2021) memberikan
137 penjelasan lebih lanjut bahwa *green economy* dapat menjadi katalisator untuk
138 pertumbuhan ekonomi dan penciptaan lapangan kerja dengan dukungan investasi
139 publik dan swasta. Oleh karena itu, pencapaian *green economy* memerlukan reformasi
140 mendasar dalam struktur kebijakan bisnis dan nasional dengan tujuan untuk
141 menghilangkan peraturan yang bersifat kompleks dan menghambat.

142 *Green economy* sangat erat keterkaitannya dengan konsep pembangunan yang
143 berkelanjutan. Secara kerangka kerja, pembangunan berkelanjutan menjadi tujuan
144 utama dalam jangka panjang, sedangkan *green economy* merupakan bagian dari
145 tindakan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Konsep pembangunan
146 berkelanjutan mencakup tiga aspek yaitu sosial, ekonomi, dan lingkungan dimana
147 aspek-aspek tersebut tidak dapat dipisahkan dalam proses pembangunan. Proses
148 pembangunan berkelanjutan sendiri memerlukan keselarasan dalam aktivitas-aktivitas
149 krusial seperti investasi, pengembangan teknologi, penggunaan sumber daya, dan
150 kelembagaan untuk diarahkan ke arah yang dapat meningkatkan potensi masa kini dan
151 masa depan dalam pemenuhan kebutuhan manusia.

152 *Clustering*

153 Analisis kluster merupakan metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan objek
154 dalam kumpulan data yang memiliki kategori yang serupa (homogen) berdasarkan
155 karakteristiknya (Kriegel *et al.*, 2011; Liang *et al.*, 2020). Analisis kluster
156 mengklasifikasikan objek, sehingga setiap objek yang paling mirip dengan objek yang
157 lain akan berada dalam satu kluster yang sama (Jain, 2010). Secara umum, tujuan dari
158 analisis kluster adalah untuk mengidentifikasi kelompok-kelompok objek yang serupa
159 (Govender & Sivakumar, 2020). Analisis kluster terbagi menjadi *hard* dan *soft (fuzzy)*
160 *clustering*. Pengelompokan dalam *hard clustering* dilakukan dengan memaksimalkan
161 homogenitas objek yang diamati dan menjadikannya milik sebuah kluster, sedangkan
162 *soft (fuzzy) clustering* didasarkan pada logika *fuzzy* yang mengasumsikan bahwa suatu
163 objek dapat menjadi milik lebih dari satu kluster pada tingkat tertentu (Caraka *et al.*,

164 2021).

165 **Penelitian Terdahulu**

166 Gao *et al.* (2023) melakukan studi empiris mengenai ekonomi hijau dengan menguji
 167 hubungan antara investasi kerjasama publik-swasta di sektor energi (PPPIE) dan emisi
 168 CO₂ di negara-negara asia terpilih. Metode yang digunakan dalam penelitiannya yaitu
 169 *Nonlinear Autoregressive Distributed Lag Modelling* (NARDL). Hasil studi
 170 menemukan adanya hubungan positif kualitas investasi PPPIE terhadap peningkatan
 171 emisi CO₂ di Indonesia dan Rusia dalam jangka panjang, namun untuk negara China
 172 dan Turki memiliki dampak sebaliknya. Dalam jangka pendek, dampak *shock* di
 173 PPPIE dapat dianalisa dalam dua pengaruh berbeda yakni perubahan positif di PPPIE
 174 turut meningkatkan kualitas lingkungan di Rusia, Indonesia dan Turki. Di lain sisi,
 175 perubahan negatif di PPPIE selain menghasilkan efek negatif di Indonesia juga
 176 memberikan dampak positif di India, Rusia, dan Turki. Endriana *et al.* (2016)
 177 melakukan identifikasi terhadap sektor-sektor di Indonesia yang memenuhi tiga
 178 kriteria dalam kerangka konsep *green economy* yaitu aspek sosial, ekonomi, dan
 179 lingkungan. Identifikasi dilakukan dengan pendekatan *Social Accounting Matrix*
 180 (SAM) menggunakan tiga indikator yang meliputi indeks multiplier output, indeks
 181 multiplier emisi, dan indeks Theil. Temuan studi empiris menyatakan jika terdapat 11
 182 sektor yang sesuai dalam tiga aspek *green economy*.

183 Penelitian mengenai implementasi *green economy* dalam skop regional di
 184 Indonesia dilakukan oleh Waluyo *et al.* (2022), dimana tujuan penelitiannya untuk
 185 melihat pengaruh *green economy* terhadap penjualan sektor UMKM di Mojokerto
 186 secara langsung dan tidak langsung melalui pertumbuhan ekonomi di Kota Mojokerto.
 187 Studi tersebut menggunakan analisis data *Partial Least Square*. Hasil penelitian
 188 menunjukkan adanya pengaruh positif langsung *green economy* terhadap penjualan
 189 sektor UMKM dan pertumbuhan ekonomi. Selain itu, pertumbuhan ekonomi juga
 190 berpengaruh positif terhadap penjualan sektor UMKM sehingga pada penerapannya
 191 para pelaku UMKM diharapkan bisa aktif dalam mempromosikan produknya untuk
 192 mencapai penjualan yang lebih tinggi agar pertumbuhan ekonomi bisa tercapai. Studi
 193 lain dilakukan oleh Susanti & Wicaksono (2019) yang mengkaji pembangunan
 194 ekonomi hijau melalui basis pertanian di Jawa Tengah dengan metode analisis
 195 deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jawa Tengah belum sepenuhnya
 196 menerapkan konsep *green economy*. Hal ini disebabkan karena adanya penggunaan
 197 pupuk anorganik yang meningkat dimana tahun 2013 ada sekitar 72,33 persen dan
 198 meningkat menjadi 78,05 persen di tahun 2018 serta penggunaan pestisida sebesar
 199 83,32 persen di 2013 meningkat menjadi 88,19 persen di tahun 2018. Kenaikan
 200 penggunaan pupuk anorganik dan pestisida tersebut turut diikuti oleh kenaikan
 201 prevalensi penyakit modern seperti kanker, diabetes dan stroke serta produktivitas padi
 202 juga mengalami penurunan.

203 **Metode Penelitian**

204 **Data**

205 Penelitian ini menggunakan data sekunder tahun 2021 yang diperoleh dari Badan Pusat
 206 Statistik (BPS). Data yang dikumpulkan antara lain meliputi kemiskinan,
 207 pengangguran, usia harapan hidup, PDRB per kapita, produktivitas tenaga kerja sektor

208 industri, luas hutan terhadap luas wilayah, Indeks Emisi Kabupaten/Kota, dan
 209 produktivitas lahan padi. Tabel 1 menunjukkan dataset dengan 8 variabel berdasarkan
 210 aspek green economy yang mencakup 38 Kabupaten/Kota di Jawa Timur.

211 Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi informasi yang berkaitan
 212 dengan aspek green economy, yaitu aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Variabel
 213 persentase kemiskinan, tingkat pengangguran terbuka, dan usia harapan hidup
 214 mewakili aspek sosial. Kemudian, variabel PDRB per kapita dan produktivitas tenaga
 215 kerja sektor industri mewakili aspek ekonomi. Sedangkan aspek lingkungan diwakili
 216 oleh variabel persentase luas hutan terhadap luas wilayah, Indeks Emisi
 217 Kabupaten/Kota, dan produktivitas lahan padi. Untuk Indeks Emisi Kabupaten/Kota
 218 dihitung berdasarkan Indeks Emisi Indonesia, PDRB Kabupaten/Kota, dan PDB
 219 Indonesia (Ekasari, 2018). Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$220 \quad \text{Indeks Emisi Kab/Kota} = \frac{\text{Indeks Emisi Indonesia} \times \text{PDRB Kab/Kota}}{\text{PDB Indonesia}} \quad (1)$$

221 Tabel 1. Dataset Penelitian

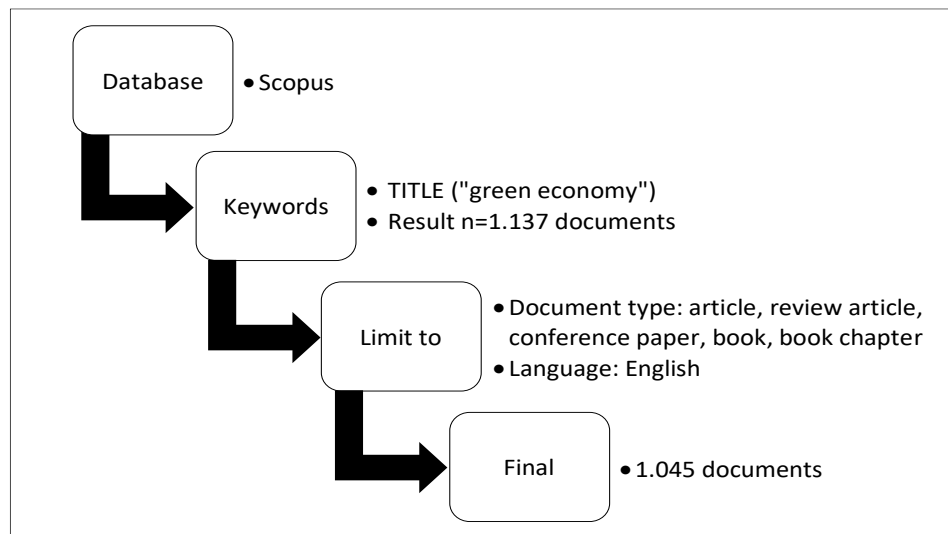
Variabel	Deskripsi	Sumber
poverty	Persentase kemiskinan (%)	BPS
unemployment	Tingkat pengangguran terbuka (%)	BPS
life_expectancy	Usia harapan hidup	BPS
grdp_percapita	PDRB per kapita (Rp)	BPS
industrial_labor	Produktivitas tenaga kerja sektor industri (Rp)	BPS
forest	Persentase luas hutan terhadap luas wilayah (%)	BPS
emission	Indeks emisi Kabupaten/Kota	Diadopsi dari Ekasari (2018)
paddy_land	Produktivitas lahan padi (Ku/ha)	BPS

222 *Bibliometrik*

223 Alat analisis pertama dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode
 224 bibliometrik. Metode ini digunakan untuk menampilkan hasil analisis kuantitatif
 225 publikasi ilmiah mengenai topik apa saja yang sedang diteliti oleh para ilmuwan
 226 yang relevan dengan green economy. Dibandingkan dengan analisis peer review,
 227 yang memiliki area investigasi terbatas, metode bibliometrik mampu memeriksa
 228 publikasi dalam cakupan yang lebih besar (Wallin, 2005).

229 Proses pengumpulan data dilakukan pada tanggal 18 April 2023
 230 menggunakan database Scopus, untuk langkah pertama pencarian, kata kunci
 231 yang digunakan yaitu “green economy,” yang menghasilkan sampel awal
 232 n=1.137 dokumen. Berdasarkan sampel awal, kemudian kami melakukan
 233 pembatasan hasil otomatis. Dalam hal ini, batasan yang dipilih meliputi: Hanya
 234 dokumen dengan tipe “artikel, artikel review, makalah konferensi, buku, dan book
 235 chapter” dan Hanya dokumen yang dipublikasikan dengan menggunakan “bahasa

Inggris". Dari hasil pembatasan pencarian, menghasilkan data akhir untuk dianalisis sebanyak $n=1.045$ dokumen.



Gambar 2. Proses Pengumpulan Data pada Database Scopus

240 *Fuzzy C-Means*

241 Klasterisasi dengan menggunakan metode Fuzzy C-Means (FCM) didasarkan
 242 pada teori logika fuzzy yang merupakan perluasan dari logika Boolean. Teori ini
 243 pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965
 244 berdasarkan teori matematika himpunan fuzzy, yang merupakan generalisasi dari
 245 teori himpunan klasik (Zadeh, 1965). Aturan dasar logika fuzzy tidak
 246 memerlukan model matematika yang rumit untuk beroperasi, yang diperlukan
 247 adalah pemahaman praktis dan teoretis tentang perilaku sistem secara
 248 keseluruhan (Anggoro et al., 2022).

249 Pada dasarnya semua himpunan memiliki derajat atau nilai keanggotaan.
 250 Dalam himpunan klasik nilai keanggotaannya adalah biner yaitu 1 (anggota) dan
 251 0 (non-anggota). Sedangkan, himpunan fuzzy elemen-elemennya dicirikan oleh
 252 derajat keanggotaan yang direpresentasikan dengan bantuan fungsi keanggotaan
 253 yang dinilai dalam interval satuan riil $[0, 1]$, 0 adalah derajat keanggotaan
 254 minimum, 1 adalah derajat keanggotaan maksimum, dan nilai-nilai lain di $[0, 1]$
 255 mewakili derajat keanggotaan yang berbeda (Anggoro et al., 2022; Herrera-
 256 Viedma, 2015).

257 Prinsip dari algoritma FCM adalah meminimumkan fungsi objektif. Konsep
 258 dasar FCM pertama menentukan pusat kluster yang akan menandai lokasi rata-
 259 rata setiap kluster. Pada kondisi awal, pusat kluster ini masih belum akurat. Setiap
 260 titik data memiliki derajat untuk setiap kluster. Dengan mengulang kluster pusat
 261 dan derajat setiap titik data, dapat dilihat bahwa pusat kluster akan bergerak
 262 menuju lokasi yang tepat. Iterasi ini didasarkan pada minimasi fungsi tujuan yang
 263 menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat kluster yang
 264 dibobotkan dengan derajat titik data tersebut (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

Secara lengkap algoritma FCM dapat ditulis sebagai berikut (Purwanithami et al., 2020):

Tentukan matriks X dengan ukuran $n \times m$, n = jumlah data yang akan dikelompokkan, dan m = jumlah variabel. Jumlah kluster yang akan dibentuk, C ($C \geq 2$), bobot w , ($w > 1$), jumlah maksimal iterasi, kriteria penghentian ζ .

Tentukan matriks partisi awal U^0 dengan persamaan berikut:

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11}(x_1) & \cdots & \mu_{1n}(x_{1n}) \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \mu_{C1}(x_1) & \cdots & \mu_{Cn}(x_n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Hitung pusat kluster V , untuk setiap kluster.

Meningkatkan level keanggotaan di setiap data dan setiap kluster.

Periksa batas iterasi dan kriteria berhenti, yaitu perubahan matriks partisi saat ini dengan yang sebelumnya, yang ditulis dalam persamaan berikut:

$$\Delta = \|U^t - U^{t-1}\| \quad (3)$$

Jika $\Delta \leq \zeta$, maka iterasi akan dihentikan, namun jika $\Delta > \zeta$, maka ulangi langkah 3 sampai dengan 5.

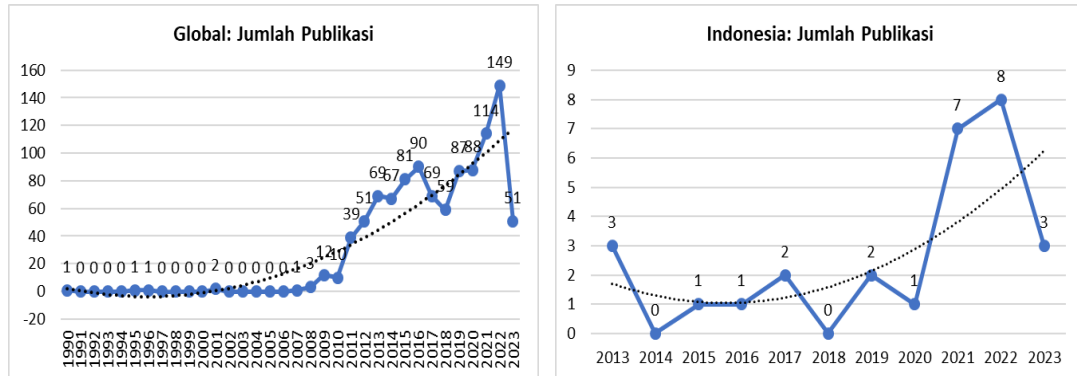
Hasil dan Pembahasan

Green Economy: Analisis Bibliometrik

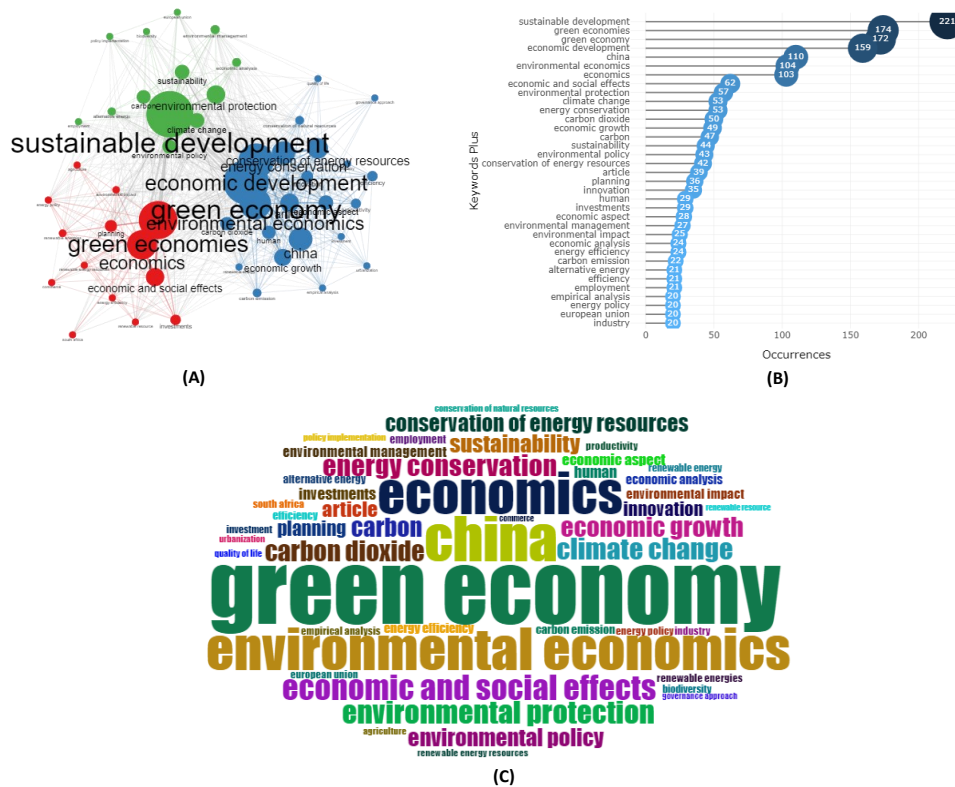
Riset tentang green economy telah menjadi tema yang menarik untuk terus dikembangkan. Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3, tren publikasi hasil penelitian tentang green economy secara global yang terindeks Scopus terus mengalami peningkatan setiap tahun, terutama dalam lima belas tahun terakhir. Namun, penelitian di Indonesia tentang green economy masih dalam skala apabila dibandingkan dengan tren publikasi ilmiah dalam skala global, tercatat Indonesia hanya memiliki 28 dokumen publikasi yang terindeks Scopus.

Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan hasil studi bibliografi “green economy” dengan menggunakan data yang dikumpulkan sebanyak 1.045 dokumen Scopus. Gambar 4A, B memberikan informasi mengenai istilah-istilah yang paling sering dipakai dalam riset green economy. Hasil co-occurrence network membentuk 3 kluster utama, kluster pertama (merah) diwakili oleh kata kunci utama “green economies” dan “economics,” kluster kedua (biru) diwakili oleh istilah “green economy,” “economic development,” dan “environmental economics,” dan kluster ketiga (hijau) diwakili dengan kata kunci “sustainable development” dan “environmental protection”. Hasil klasterisasi ini juga sejalan dengan dengan hasil visualisasi most frequent word, dimana istilah teratas dengan jumlah kemunculan tertinggi dan paling relevan adalah kata “sustainable development” dengan total penggunaan 221 kali. Hal ini memberikan gambaran bahwa riset tentang green economy erat kaitannya dengan upaya mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Adamowicz, 2022; Chaaben et al., 2022; Khoshnava et al., 2019; Merino-Saum et al., 2018). Selanjutnya, diikuti oleh kata “green economies” dengan jumlah kemunculan kata sebanyak 174 kali, “green economy” (172 kali kemunculan), “economic development” (159 kali kemunculan), “China” (110 kali kemunculan), “environmental economics” (104 kali kemunculan),

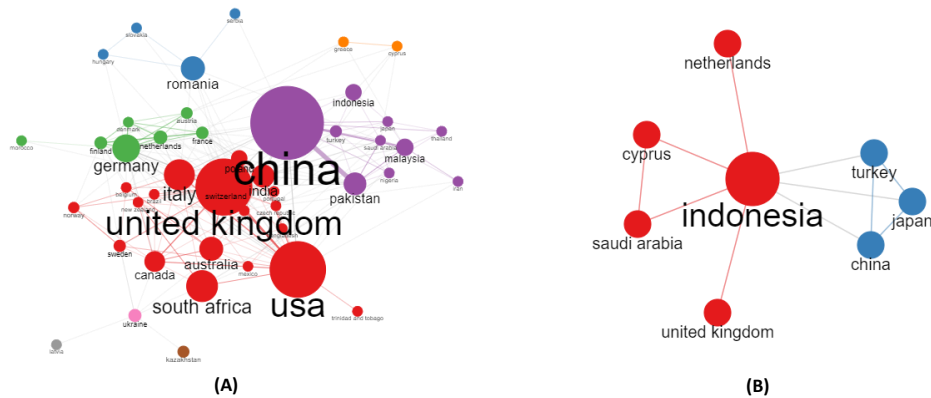
305 “economics” (103 kali kemunculan), “economic and social effects” (62 kali
 306 kemunculan).
 307



Gambar 3. Tren Publikasi Terkait Green Economy pada Database Scopus



Gambar 4. Co-occurrence Network tentang Green Economy (A), Most Frequent Word (B), dan Keyword Word Cloud (C)



Gambar 5. Jejaring Kolaborasi Antar Negara

Gambar 4C, hampir sama dengan Gambar 4A dan B, membahas isu green economy terkait dengan aspek inklusivitas dan peningkatan efisiensi sumber daya dan konsumsi energi. Gambar 5A menunjukkan kolaborasi beberapa peneliti antar negara pada topik penelitian green economy. Terlihat bahwa para peneliti yang berasal dari China, United Kingdom, dan USA aktif berkolaborasi dengan peneliti dari negara-negara lain, sehingga cenderung membentuk kluster yang lebih besar. Sementara itu, Gambar 5B menampilkan kolaborasi peneliti Indonesia yang berjejaring dengan tujuh negara terkait penelitian green economy.

Studi yang berkaitan dengan green economy menjadi tema menarik dan sangat penting untuk dilakukan, karena menyangkut topik tujuan pembangunan berkelanjutan. Dalam gagasan green economy tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan dan kesetaraan sosial masyarakat, lebih daripada itu aktivitas perekonomian juga harus meminimalisasi risiko kerusakan lingkungan. Dalam hal ini, analisis didasarkan pada variabel-variabel yang telah ditentukan dalam metodologi yaitu 8 indikator. Variabel-variabel tersebut digunakan untuk mewakili 3 aspek utama dalam green economy. Oleh karena itu, tulisan ini juga membahas tentang implementasi green economy, dalam artian analisis ini ingin mengetahui sejauh mana penerapan terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan telah dilakukan secara seimbang.

Statistik Deskriptif

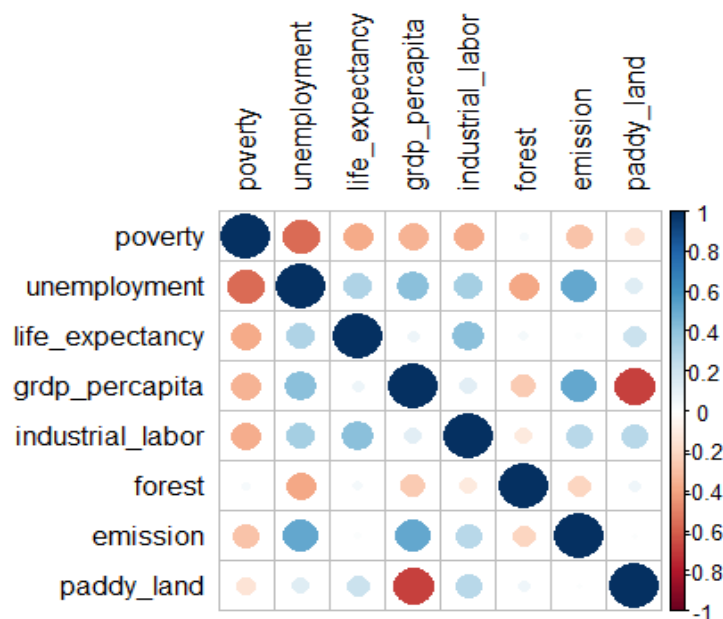
Pada tahap awal dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap 8 variabel untuk seluruh kabupaten dan kota di Jawa Timur yang ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan aspek ekonomi, rata-rata PDRB per kapita dan produktivitas tenaga kerja sektor industri masing-masing sebesar 40743 (ribu rupiah) dan 56673 (ribu rupiah). Sementara itu, untuk sektor lingkungan, rata-rata luas hutan sebesar 22,435 persen, Indeks Emisi Kabupaten/Kota (0,2096), dan produktivitas lahan padi sebesar 54,86 ku/ha. Sedangkan, pada aspek sosial, terutama tingkat kemiskinan, masih banyak masyarakat Jawa Timur yang hidup dibawah garis kemiskinan dengan rata-rata tingkat kemiskinan di Jawa Timur sebesar 11,021 persen.

Table 2. Statistik Deskriptif

Variabel	Min	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max
poverty	3,890	7,713	10,250	11,021	13,605	22,780
unemployment	2,040	4,282	5,070	5,520	6,565	10,870
life_expectancy	66,89	70,44	72,24	71,68	72,84	74,18
grdp_percapita	13469	18125	21490	40743	47099	300337
industrial_labor	5970	35931	58498	56673	69432	185737
forest	0	1,262	21,915	22,435	37,980	78,230
emission	0,0230	0,0640	0,1105	0,2096	0,2592	1,9440
paddy_land	0	51,45	56,95	54,86	60,13	65,46

Analisis Korelasi

Berikutnya melakukan analisis korelasi antar variabel. Secara umum, analisis korelasi merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui dan mengukur hubungan antara dua variabel atau lebih. Dengan metode ini dapat diketahui seberapa kuat hubungan antar variabel yang diamati. Berdasarkan hasil analisis korelasi pada gambar 6, terlihat bahwa sepanjang diagonal menampilkan variabel yang sangat berkorelasi dengan dirinya sendiri. Selain itu, hanya sedikit variabel yang berkorelasi dengan variabel lainnya dan relatif memiliki korelasi yang lemah, misalnya indeks emisi yang berkorelasi positif namun relatif lemah dengan pengangguran. Kemudian, produktivitas lahan padi menunjukkan korelasi negatif yang cenderung lemah dengan PDRB per kapita,



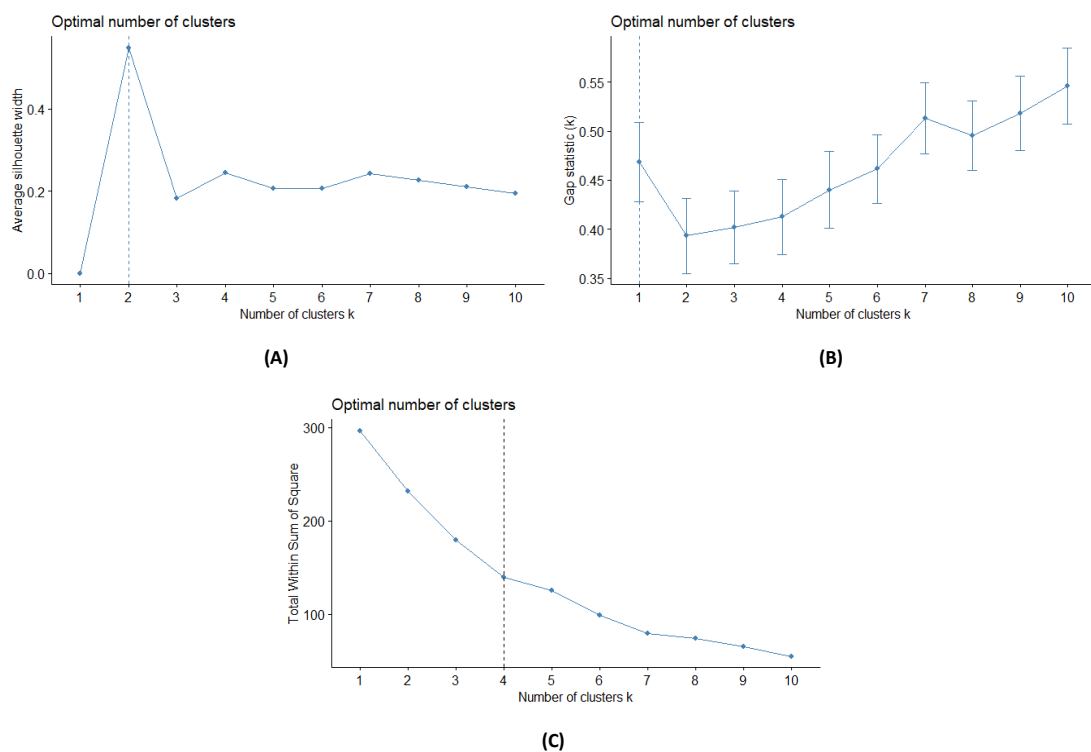
Gambar 6. Plot Korelasi

Jumlah Kluster Optimal

Langkah selanjutnya menentukan jumlah kluster optimal. Metode yang digunakan untuk estimasi jumlah kluster yang optimal yaitu dengan menggunakan metode Silhouette (Rousseeuw, 1987), Gap Statistic (Tibshirani *et al.*, 2001), dan Elbow (Thorndike, 1953) sebagaimana direpresentasikan masing-masing pada Gambar 7A-

C. Sejalan dengan hal tersebut, *Fuzzy C-Means* terhadap klusterisasi *green economy* di Jawa Timur memiliki perkiraan hanya satu klaster (berdasarkan metode Gap Statistic), dua klaster (berdasarkan metode Silhouette), dan empat klaster (berdasarkan metode Elbow).

Sebelum menjalankan model *Fuzzy C-Means*, diperlukan validasi dengan mengikuti pengujian dengan beberapa klaster. Proses validasi dilakukan dengan menggunakan parameter pengukuran antara lain *Fuzzy Silhouette Index* (FSI), *Partition Entropy* (PE), *Partition Coefficient* (PC), dan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Tujuan validasi ini yaitu untuk memastikan jumlah klaster optimal yang terbaik. Berdasarkan hasil pengukuran validasi pada Tabel 3 (FSI, PE, PC, dan MPC), ditunjukkan bahwa jumlah dua klaster merupakan model terbaik. Dengan nilai FSI terbesar 0,3714, nilai PE terkecil 0,6255, dan nilai PC terbesar 0,5650.



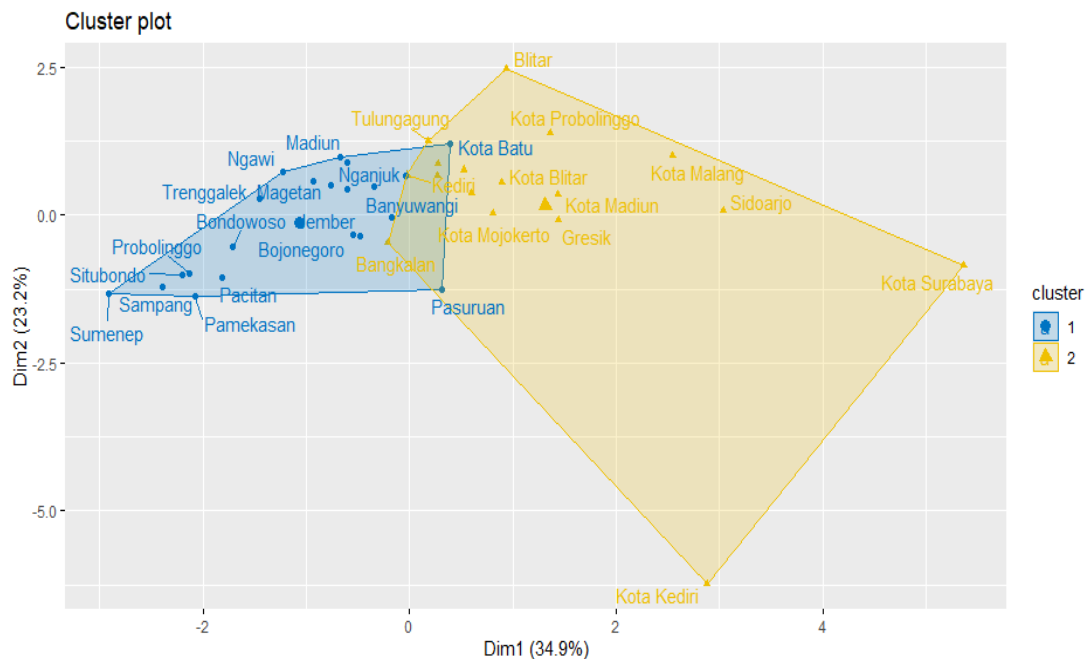
Gambar 7. Penentuan Klaster Optimal Metode Silhouette (A), Gap Statistic (B), dan Elbow (C)

Tabel 3. Validitas Klaster

n Klaster	FSI	PE	PC	MPC
2	0,3714	0,6255	0,5650	0,1300
3	0,3273	0,9185	0,4578	0,1867
4	0,2334	1,1878	0,3538	0,1383
5	0,3403	1,3189	0,3293	0,1616
6	0,0402	1,4982	0,2791	0,1349

Hasil Kluster Fuzzy C-Means

Hasil kluster optimal metode Fuzzy C-Means dapat memudahkan untuk keperluan pemetaan perkembangan implementasi green economy oleh kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Timur karena adanya kecenderungan kemiripan karakteristik suatu wilayah akan terbentuk dalam kluster yang sama. Sharma & Borana (2014) menjelaskan bahwa algoritma Fuzzy C-Means memiliki kemampuan tingkat tinggi dalam mendeteksi kluster sehingga mampu menunjukkan hubungan antar pola kluster berbeda secara lebih baik. Berikut adalah hasil analisis kluster menggunakan metode Fuzzy C-Means berdasarkan variabel-variabel indikator green economy kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Timur.



Gambar 8. Cluster Plot

Gambar 8 menunjukkan plot hasil kluster untuk kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan beberapa variabel *green economy* antara lain kemiskinan, pengangguran, angka harapan hidup, PDRB per kapita, produktivitas tenaga kerja sektor industri, persentase luas hutan, tingkat emisi, dan produktivitas lahan padi. Diketahui bahwa kluster yang terbentuk adalah 2 kluster berdasarkan hasil validasi penentuan kluster menggunakan 4 parameter. Secara visualisasi, kluster 1 ditunjukkan oleh plot berwarna biru dan kluster 2 ditunjukkan oleh plot warna kuning.

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui hasil clustering menggunakan metode Fuzzy C-Means bahwa mayoritas kabupaten di Provinsi Jawa Timur masuk dalam kategori kluster 1. Adapun kabupaten dan kota untuk kluster 1 terdiri dari 21 wilayah antara lain Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Sampang, Pamekasan, Sumenep dan Kota Batu. Sedangkan kluster 2 terdiri dari 17 wilayah yakni Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Gresik, Bangkalan, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota

407 Malang, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Madiun, dan Kota
408 Surabaya.

409 Tabel 4. Klasifikasi Masing-masing Kabupaten/Kota Hasil *Clustering*

Kab /Kota	Klaster	Kab/ Kota	Klaster	Kab /Kota	Klaster	Kab /Kota	Klaster
Pacitan	1	Nganjuk	1	Kota Batu	1	Kota Kediri	2
Ponorogo	1	Madiun	1	Tulungagung	2	Kota Blitar	2
Trenggalek	1	Magetan	1	Blitar	2	Kota Malang	2
Lumajang	1	Ngawi	1	Kediri	2	Kota Probolinggo	2
Jember	1	Bojonegoro	1	Malang	2	Kota Pasuruan	2
Banyuwangi	1	Tuban	1	Sidoarjo	2	Kota Mojokerto	2
Bondowoso	1	Lamongan	1	Mojokerto	2	Kota Madiun	2
Situbondo	1	Sampang	1	Jombang	2	Kota Surabaya	2
Probolinggo	1	Pamekasan	1	Gresik	2		
Pasuruan	1	Sumenep	1	Bangkalan	2		

410 Tabel 5. Rata-Rata Variabel pada Masing-Masing Klaster

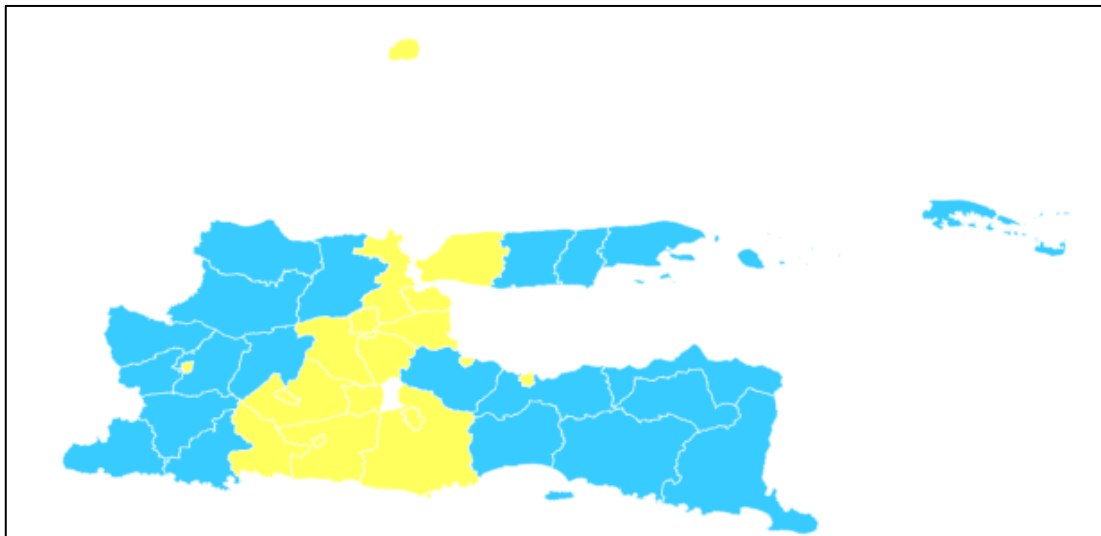
Variabel	Klaster 1	Klaster 2
poverty	12,9	8,68
unemployment	4,33	6,99
life_expectancy	70,8	72,8
grdp_percapita	25290	59831
industrial_labor	41539	75368
forest	31,7	11,0
emission	0,134	0,303
paddy_land	54,4	55,4

411 Tabel 5 menunjukkan nilai rata-rata hasil klasterisasi dari masing-masing
412 variabel green economy. Secara garis besar, klaster 2 memiliki karakteristik dengan
413 nilai aspek sosial dan ekonomi lebih baik sedangkan klaster 1 hanya sedikit lebih
414 unggul di aspek lingkungan. Dari aspek sosial, Klaster 2 memiliki rata-rata tingkat
415 kemiskinan sebesar 8,68 persen, lebih rendah dibandingkan Klaster 1 sebesar 12,90
416 persen. Nilai tersebut juga berada di bawah tingkat kemiskinan Provinsi Jawa Timur
417 pada tahun 2021 sebesar 10,59 persen. Selain itu, rata-rata angka harapan hidup pada
418 Klaster 2 mencapai 72,8 tahun, lebih tinggi dibandingkan Klaster 1 sebesar 70,8 tahun.
419 Akan tetapi, Klaster 2 memiliki tingkat pengangguran rata-rata sebesar 6,99 persen,
420 lebih tinggi daripada Klaster 1 sebesar 4,33 persen maupun tingkat pengangguran
421 Provinsi Jawa Timur pada tahun 2021 sebesar 5,74 persen. Temuan ini
422 mengindikasikan bahwa prioritas kebijakan untuk aspek sosial di wilayah klaster 1
423 perlu diarahkan pada pengurangan kemiskinan, sedangkan pada Klaster 2 difokuskan
424 untuk upaya memperluas kesempatan kerja dan memperkuat link and match
425 kompetensi tenaga kerja dengan kebutuhan pasar kerja.

426 Dari aspek ekonomi, terdapat ketimpangan yang tinggi untuk produktivitas
427 penduduk antara klaster 1 dan klaster 2 yang tercermin dari nilai PDRB per kapita dan
428 produktivitas tenaga kerja sektor industri. Klaster 2 menunjukkan nilai rata-rata PDRB
429 per kapita sebesar 59.831 (ribu rupiah), lebih tinggi dibandingkan Klaster 1 sebesar
430 25.290 (ribu rupiah). Produktivitas tenaga kerja sektor industri pada Klaster 2 juga

mencapai 75.368 (ribu rupiah), sedangkan Klaster 1 sebesar 41.539 (ribu rupiah). Hasil klasterisasi ini mengindikasikan adanya kesenjangan capaian ekonomi antarkelompok wilayah, sekaligus memperlihatkan bahwa wilayah dengan aktivitas ekonomi dan produktivitas industri relatif tinggi cenderung terkonsentrasi pada Klaster 2. Oleh karena itu, penguatan ekonomi pada Klaster 1 perlu diarahkan pada peningkatan produktivitas tenaga kerja, pengembangan kegiatan ekonomi produktif, dan peningkatan kualitas sumber daya manusia agar potensi ekonomi lokal dapat dikembangkan secara lebih optimal.

Di aspek lingkungan, klaster 1 memiliki kondisi variabel yang lebih baik dibandingkan klaster 2. Klaster 1 memiliki rata-rata persentase kawasan hutan sebesar 31,7 persen, lebih tinggi dibandingkan Klaster 2 sebesar 11,0 persen. Selain itu, nilai indeks emis Kabupaten/Kota Klaster 1 sebesar 0,134, lebih rendah daripada Klaster 2 sebesar 0,303. Dengan asumsi bahwa nilai indeks emisi yang lebih rendah menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih baik, hasil tersebut mengindikasikan bahwa Klaster 1 memiliki keunggulan relatif pada indikator kawasan hutan dan emisi. Namun, Klaster 2 menunjukkan rata-rata produktivitas lahan padi sebesar 55,4 ku/ha, sedikit lebih tinggi daripada Klaster 1 sebesar 54,4 ku/ha. Temuan ini menegaskan bahwa keunggulan lingkungan tidak sepenuhnya mengikuti pola keunggulan ekonomi. Oleh karena itu, evaluasi implementasi green economy perlu mempertimbangkan keseimbangan antara produktivitas ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kualitas lingkungan, bukan hanya bertumpu pada peningkatan aktivitas ekonomi.



Gambar 9. *Final Clustering* Indikator *Green Economy* di Provinsi Jawa Timur

Berdasarkan Gambar 9, dapat teridentifikasi bahwa terdapat kecenderungan wilayah-wilayah di klaster 2 (berwarna kuning) dengan indikator green economy lebih baik mengelompok pada bagian tengah Provinsi Jawa Timur. Diketahui bahwa klaster 2 diisi oleh kota-kota di Provinsi Jawa Timur dan kabupaten yang memiliki aktivitas ekonomi dan industri industri relatif lebih tinggi, seperti Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, dan Kota Surabaya. Jumlah perusahaan industri manufaktur berskala menengah besar terbanyak di Jawa Timur berada di Kabupaten Sidoarjo mencapai 1.174 perusahaan diikuti oleh Kota Surabaya mencapai 823 perusahaan, dan Kabupaten Gresik sebanyak 726 perusahaan (BPS Provinsi Jawa Timur, 2022).

Dengan kata lain, wilayah di klaster 2 bisa menjadi wilayah potensial untuk menjadi motor penggerak perekonomian di Provinsi Jawa Timur. Akan tetapi, tingginya aktivitas industri di kabupaten dan kota klaster 2 belum diikuti secara seimbang dengan perbaikan aspek lingkungan, yang dapat tercermin pada tingkat emisi karbon.

Dalam konteks kebijakan, Pemerintah Indonesia sejauh ini telah menyiapkan tiga strategi utama pembangunan rendah karbon sebagai bagian penting untuk implementasi green economy. Strategi tersebut antara lain penerapan kebijakan net zero emissions untuk mengurangi tingkat emisi gas rumah kaca, strategi stimulus hijau dalam rangka pemulihan ekonomi paska pandemi, dan penerapan kebijakan pembangunan rendah karbon untuk mencapai target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024. Sebagai respon akan strategi tersebut, pemerintah Provinsi Jawa Timur perlu membuat strategi untuk mendorong sektor industri tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, tetapi juga berpartisipasi aktif dalam mendorong penurunan angka emisi gas rumah kaca yang berasal dari proses dan penggunaan energi dalam aktivitas sektor industri.

Dapat diketahui pula untuk kabupaten dan kota di klaster 1 (warna biru) menyebar di sisi kiri dan kanan Provinsi Jawa 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. Diketahui bahwa tenaga kerja Provinsi Jawa Timur masih didominasi oleh tamatan sekolah dasar dan tidak bersekolah sekitar 44 persen dari total penduduk yang bekerja. Persentase tersebut sangat berbanding terbalik dengan tenaga kerja lulusan perguruan tinggi yang hanya mencapai 10 persen. Dengan demikian, baik pemerintah provinsi maupun pemerintah daerah perlu membantu peningkatan akses pendidikan kepada masyarakat luas khususnya bagi kelompok tidak mampu serta turut berperan menyediakan program pendidikan dan pelatihan yang berkualitas.

Hasil identifikasi selanjutnya yang perlu disoroti adalah aspek sosial utamanya tingkat kemiskinan di kabupaten dan kota klaster 1 yang cukup tinggi. Tingkat kemiskinan tertinggi dikontribusikan oleh beberapa kabupaten di pulau Maduran, daerah mataraman, dan Tapal Kuda. Rerata angka kemiskinan di pulau Madura berada di kisaran angka 20 persen dan tingkat kemiskinan tertinggi dimiliki Kabupaten Sampang mencapai 22,78 persen. Kabupaten Pacitan memiliki angka kemiskinan tertinggi sebesar 15,91 persen di wilayah mataraman, sedangkan tingkat kemiskinan tertinggi di wilayah tapal kuda dimiliki oleh Kabupaten Probolinggo mencapai 18,61 persen. Secara agregat, jumlah angka kemiskinan di Provinsi Jawa Timur didominasi oleh penduduk miskin pedesaan sebanyak 13,90 persen atau 2.484.010 jiwa. Provinsi Jawa Timur telah memiliki strategi menurunkan angka kemiskinan yang termuat dalam Rencana Penanggulangan Kemiskinan Daerah (RPKD) tahun 2019-2024 bernama JATIM SATYA atau Jawa Timur Sejahtera dan Mulia. Oleh karena itu, program penanggulangan kemiskinan tersebut diharapkan bisa diimplementasi secara optimal di kabupaten dan kota yang masuk dalam klaster 1 terutama untuk wilayah yang memiliki angka kemiskinan diatas angka provinsi.

Kesimpulan

Studi ini melihat perkembangan implementasi green economy berdasarkan hasil klasterisasi kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan hasil pemodelan, klasterisasi green economy di Jawa Timur terbagi menjadi dua klaster. Klaster 1 terdiri

509 dari 21 wilayah yang sebagian besar diisi oleh wilayah kabupaten, sedangkan klaster
 510 2 terdiri dari 17 wilayah, yakni 9 kabupaten dan 8 kota. Temuan utama penelitian ini
 511 menunjukkan bahwa capaian ekonomi yang relatif tinggi tidak selalu berjalan seiring
 512 dengan kualitas lingkungan yang lebih baik, sebagaimana terlihat pada wilayah-
 513 wilayah di Klaster 2. Sebaliknya, wilayah-wilayah di Klaster 1 relatif memiliki kondisi
 514 lingkungan yang lebih baik, tetapi masih menghadapi tantangan dalam meningkatkan
 515 kesejahteraan masyarakat dan produktivitas ekonomi. Pola ini mengindikasikan bahwa
 516 pembangunan green economy di Jawa Timur masih menghadapi tantangan dalam
 517 mengintegrasikan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan secara seimbang. Dengan
 518 demikian, kemajuan green economy tidak dapat dinilai hanya berdasarkan
 519 pertumbuhan ekonomi maupun keunggulan pada indikator lingkungan tertentu,
 520 melainkan perlu dilihat dari kemampuan daerah dalam mengembangkan aktivitas
 521 ekonomi produktif, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan menjaga
 522 keberlanjutan lingkungan secara simultan.

523 Temuan tersebut menegaskan pentingnya pendekatan kebijakan pembangunan
 524 yang mempertimbangkan karakteristik dan kebutuhan masing-masing wilayah. Pada
 525 Klaster 1, prioritas kebijakan dapat diarahkan pada pengurangan kemiskinan,
 526 peningkatan produktivitas tenaga kerja, perluasan akses pendidikan, serta penguatan
 527 pelatihan vokasi yang relevan dengan kebutuhan pasar kerja. Intervensi perlu
 528 memberikan perhatian khusus kepada wilayah dengan tingkat kemiskinan relatif
 529 tinggi, seperti Kabupaten Sampang, Kabupaten Pacitan, dan Kabupaten Probolinggo.
 530 Pada Klaster 2, prioritas kebijakan dapat difokuskan pada pengendalian emisi, efisiensi
 531 energi dan sumber daya, penerapan teknologi produksi bersih, serta penguatan praktik
 532 industri hijau, terutama pada wilayah dengan aktivitas industri yang tinggi seperti
 533 Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, dan Kota Surabaya. Strategi tersebut perlu
 534 disertai pemantauan indikator ekonomi, sosial, dan lingkungan secara berkala agar
 535 peningkatan produktivitas tidak mengabaikan keberlanjutan lingkungan.

536 Selain itu, pemerintah provinsi dan pemerintah kabupaten/kota perlu
 537 memperkuat koordinasi dengan perguruan tinggi, sektor bisnis, dan masyarakat
 538 melalui pendekatan quadruple helix. Pemerintah berperan sebagai regulator dan
 539 fasilitator kebijakan, perguruan tinggi berkontribusi melalui penelitian dan inovasi,
 540 sektor bisnis mengembangkan serta menerapkan teknologi dan praktik produksi yang
 541 lebih berkelanjutan, sedangkan masyarakat berpartisipasi dalam mendukung dan
 542 mengawasi implementasi kebijakan. Kolaborasi tersebut diharapkan dapat
 543 memperkuat integrasi kebijakan ekonomi, sosial, dan lingkungan serta mendorong
 544 implementasi green economy yang lebih sesuai dengan karakteristik masing-masing
 545 daerah.

546 Penelitian ini memiliki keterbatasan, yakni hanya menggunakan 8 indikator dari
 547 15 indikator berdasarkan Green Economy Indeks mengingat karena keterbatasan data
 548 untuk beberapa indikator lain yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya
 549 diharapkan dapat memperluas cakupan indikator green economy. Selain itu, penelitian
 550 selanjutnya disarankan menerapkan metode klaster lain, seperti hybrid cluster sebagai
 551 komparasi metode klasterisasi untuk mendapatkan hasil dan justifikasi yang lebih
 552 komprehensif mengenai implementasi green economy.

553 Referensi

554 Acharya, S., & Sequeira, A. H. (2012). A Model of green economy for developing

- 555 countries. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2192369>
- 556 Adamowicz, M. (2022). Green Deal, green growth and green economy as a means of
557 support for attaining the sustainable development goals. *Sustainability*, 14(10),
558 5901. <https://doi.org/10.3390/su14105901>
- 559 Al-Taai, S. H. H. (2021). Green economy and sustainable development. *IOP*
560 *Conference Series: Earth and Environmental Science*, 779(1), 012007.
561 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/779/1/012007>
- 562 Anggoro, F., Caraka, R. E., Prasetyo, F. A., Ramadhani, M., Gio, P. U., Chen, R.-C.,
563 & Pardamean, B. (2022). Revisiting cluster vulnerabilities towards information
564 and communication technologies in the eastern island of Indonesia using fuzzy
565 c means. *Sustainability*, 14(6), 3428. <https://doi.org/10.3390/su14063428>
- 566 BPS Provinsi Jawa Timur. (2022). *Direktori perusahaan industri besar dan sedang*
567 *provinsi Jawa Timur tahun 2022*.
- 568 BPS Provinsi Jawa Timur. (2023). *Provinsi Jawa Timur dalam angka tahun 2023*.
- 569 Caraka, R. E., Kurniawan, R., Nasution, B. I., Jamilatuzzahro, J., Gio, P. U., Basyuni,
570 M., & Pardamean, B. (2021). Micro, small, and medium enterprises' business
571 vulnerability cluster in Indonesia: An Analysis using optimized fuzzy
572 geodemographic clustering. *Sustainability*, 13(14), 7807.
573 <https://doi.org/10.3390/su13147807>
- 574 Chaaben, N., Elleuch, Z., Hamdi, B., & Kahouli, B. (2022). Green economy
575 performance and sustainable development achievement: empirical evidence
576 from Saudi Arabia. *Environment, Development and Sustainability*.
577 <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02722-8>
- 578 Dvorak, A. C., Solo-Gabriele, H. M., Galletti, A., Benzecry, B., Malone, H.,
579 Boguszewski, V., & Bird, J. (2018). Possible impacts of sea level rise on disease
580 transmission and potential adaptation strategies, a review. *Journal of*
581 *Environmental Management*, 217, 951–968.
582 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.102>
- 583 Ekasari, P. N. (2018). *Pengaruh tingkat emisi karbon (CO2) dan tingkat kemiskinan*
584 *terhadap kualitas hidup manusia (Studi pada 38 Kabupaten/Kota di Provinsi*
585 *Jawa Timur Tahun 2012-2016)*. Universitas Sebelas Maret.
- 586 Endriana, L., Hartono, D., & Irawan, T. (2016). Green economy priority sectors in
587 Indonesia: a SAM approach. *Environmental Economics and Policy Studies*,
588 18(1), 115–135. <https://doi.org/10.1007/s10018-015-0114-5>
- 589 Gao, B., Ozturk, I., & Ullah, S. (2023). A new framework to the green economy:
590 asymmetric role of public-private partnership investment on environment in
591 selected Asian economies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(1),
592 1960–1971. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2094441>
- 593 Govender, P., & Sivakumar, V. (2020). Application of k-means and hierarchical
594 clustering techniques for analysis of air pollution: A review (1980–2019).
595 *Atmospheric Pollution Research*, 11(1), 40–56.
596 <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.09.009>
- 597 Hallegatte, S., Fay, M., & Barbier, E. B. (2018). Poverty and climate change:
598 introduction. *Environment and Development Economics*, 23(3), 217–233.
599 <https://doi.org/10.1017/S1355770X18000141>
- 600 Herrera-Viedma, E. (2015). Fuzzy sets and fuzzy logic in multi-criteria decision
601 making. The 50th anniversary of Prof. Lotfi Zadeh's Theory: Introduction.
602 *Technological and Economic Development of Economy*, 21(5), 677–683.

- 603 <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1084956>
- 604 Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition*
- 605 *Letters*, 31(8), 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>
- 606 Jhonson, R. A., & Wichern, D. W. (2002). *Applied multivariate statistical analysis*
- 607 (5th ed.). Prentice-Hall.
- 608 Kasztelan, A. (2017). Green growth, green economy and sustainable development:
- 609 Terminological and relational discourse. *Prague Economic Papers*, 26(4), 487–
- 610 499. <https://doi.org/10.18267/j.pep.626>
- 611 Khoshnava, S. M., Rostami, R., Zin, R. M., Štreimikienė, D., Yousefpour, A.,
- 612 Strielkowski, W., & Mardani, A. (2019). Aligning the criteria of green economy
- 613 (GE) and sustainable development goals (SDGs) to implement sustainable
- 614 development. *Sustainability*, 11(17), 4615. <https://doi.org/10.3390/su11174615>
- 615 Kriegel, H., Kröger, P., Sander, J., & Zimek, A. (2011). Density-based clustering.
- 616 *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 1(3), 231–240.
- 617 <https://doi.org/10.1002/widm.30>
- 618 Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung*
- 619 *Keputusan*. Graha Ilmu.
- 620 Le Blanc, D. (2011). Special issue on green economy and sustainable development.
- 621 *Natural Resources Forum*, 35(3), 151–154. [https://doi.org/10.1111/j.1477-](https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2011.01398.x)
- 622 [8947.2011.01398.x](https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2011.01398.x)
- 623 Liang, W., Li, K.-C., Long, J., Kui, X., & Zomaya, A. Y. (2020). An industrial network
- 624 intrusion detection algorithm based on multifeature data clustering optimization
- 625 model. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(3), 2063–2071.
- 626 <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2946791>
- 627 Liu, D., Zhang, Y., Hafeez, M., & Ullah, S. (2022). Financial inclusion and its
- 628 influence on economic-environmental performance: demand and supply
- 629 perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(38), 58212–
- 630 58221. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18856-1>
- 631 Malathi, K., & Kavitha, R. (2019). Recognition and classification of diabetic
- 632 retinopathy utilizing digital fundus image with hybrid algorithms. *International*
- 633 *Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 109–122.
- 634 <https://doi.org/10.35940/ijeat.A1058.109119>
- 635 Merino-Saum, A., Baldi, M. G., Gunderson, I., & Oberle, B. (2018). Articulating
- 636 natural resources and sustainable development goals through green economy
- 637 indicators: A systematic analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 139,
- 638 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.007>
- 639 Pearce, D., Markandya, A., & Barbier, E. (1989). *Blueprint for a green economy*.
- 640 Earthscan Publications.
- 641 Purwanithami, H. A., Sari, C. A., Rachmawanto, E. H., & Setiadi, D. R. I. M. (2020).
- 642 Hemorrhage Diabetic retinopathy detection based on fundus image using neural
- 643 network and fcm segmentation. *2020 International Seminar on Application for*
- 644 *Technology of Information and Communication (ISemantic)*, 45–49.
- 645 <https://doi.org/10.1109/iSemantic50169.2020.9234226>
- 646 Risqiyani, T. A., & Kesumawati, A. (2016). Pengelompokan Kabupaten Kota di
- 647 Provinsi Jawa Tengah dengan fuzzy c-means clustering. *Seminar Nasional*
- 648 *Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY 2016*, 179–186.
- 649 [http://seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/sites/seminar.uny.ac.id/semnasmat](http://seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/sites/seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/files/S-28.pdf)
- 650 [ematika/files/S-28.pdf](http://seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/sites/seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/files/S-28.pdf)

- 651 Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and
652 validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied*
653 *Mathematics*, 20, 53–65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- 654 Sharma, M., & Borana, K. (2014). Clustering in data mining: A brief review.
655 *International Journal of Core Engineering & Management*, 1(5), 117–126.
- 656 Susanti, D. D., & Wicaksono, A. M. (2019). Membangun Ekonomi hijau dengan basis
657 pertanian di Provinsi Jawa Tengah tahun 2013–2018. *Jurnal Litbang Provinsi*
658 *Jawa Tengah*, 17(2), 159–167. <https://doi.org/10.36762/jurnaljateng.v17i2.795>
- 659 Thorndike, R. L. (1953). Who belongs in the family? *Psychometrika*, 18(4), 267–276.
660 <https://doi.org/10.1007/BF02289263>
- 661 Tibshirani, R., Walther, G., & Hastie, T. (2001). Estimating the number of clusters in
662 a data set via the gap statistic. *Journal of the Royal Statistical Society Series B:*
663 *Statistical Methodology*, 63(2), 411–423. [https://doi.org/10.1111/1467-](https://doi.org/10.1111/1467-9868.00293)
664 [9868.00293](https://doi.org/10.1111/1467-9868.00293)
- 665 UNEP. (2011). *Towards a green economy: Pathways to Sustainable development and*
666 *poverty eradication - A synthesis for policy makers.*
667 www.unep.org/greeneconomy
- 668 Usman, A., Ozturk, I., Naqvi, S. M. M. A., Ullah, S., & Javed, M. I. (2022). Revealing
669 the nexus between nuclear energy and ecological footprint in STIRPAT model
670 of advanced economies: Fresh evidence from novel CS-ARDL model. *Progress*
671 *in Nuclear Energy*, 148(January), 104220.
672 <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2022.104220>
- 673 Wallin, J. A. (2005). Bibliometric methods: Pitfalls and possibilities. *Basic & Clinical*
674 *Pharmacology & Toxicology*, 97(5), 261–275. [https://doi.org/10.1016/S0019-](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
675 [9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- 676 Waluyo, S. E. Y., Fitriyani, Z. A., & Huda, K. (2022). Konsep Green economy
677 terhadap penjualan sektor UMKM melalui pertumbuhan ekonomi Kota
678 Mojokerto. *Prosiding Seminar Nasional Universitas PGRI Palangka Raya*, 1,
679 310–326. <https://doi.org/10.54683/puppr.v1i0.32>
- 680 Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
681 [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)