

PANDEMIC VULNERABILITY MAPPING IN EAST JAVA AND ITS CONNECTION TO LOCAL ECONOMIC RESISTANCE

Rizky Zulkarnain*¹ 

Karuniawati Dewi Ramadani²

¹ Direktorat Neraca Produksi, Badan Pusat Statistik, Indonesia

² Direktorat Statistik Kesejahteraan Rakyat, Badan Pusat Statistik, Indonesia

ABSTRACT

The objectives of this study are to measuring and to mapping pandemic vulnerability in East Java as well as to examine the association between pandemic vulnerability and local economic resistance. To achieve the objectives, this study employs several techniques: descriptive analysis, principal component analysis, cluster analysis, and analysis of variance. The data were acquired from various sources, that cover health, social, economic, and environmental conditions. The results showed that there were seven most vulnerable districts in East Java. They were Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Mojokerto and Kota Madiun. The core pandemic indicators were population mobility, the number of COVID-19 cases and its mortality, population density, air pollution, the prevalence of diabetes, and the share of secondary and tertiary sectors. Furthermore, this study found that there were negative association between pandemic vulnerability and local economic resistance in East Java.

Keywords: ANOVA; COVID-19; Cluster; PCA; Resilience

ARTICLE INFO

Tanggal Masuk:

17 Juli 2022

Tanggal Revisi:

16 September 2022

Tanggal Diterima:

18 September 2022

Tersedia Online:

30 September 2022

*Korespondensi:

Rizky Zulkarnain

E-mail:

zulqarnaen@bps.go.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan memetakan kerentanan pandemi di Jawa Timur serta menguji hubungan antara kerentanan pandemi dan resistansi ekonomi lokal. Untuk mencapai tujuan tersebut, beberapa teknik digunakan, yaitu analisis deskriptif, analisis komponen utama, analisis klaster, dan analisis keragaman. Data yang digunakan berasal dari berbagai sumber, yang mencerminkan kondisi kesehatan, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tujuh kabupaten/kota di Jawa Timur yang tergolong paling rentan, yaitu Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Mojokerto dan Kota Madiun. Indikator utama kerentanan pandemi terdiri atas mobilitas penduduk, jumlah kejadian dan kematian COVID-19, kepadatan penduduk, polusi udara, prevalensi diabetes, dan kontribusi sektor sekunder dan tersier. Selanjutnya, penelitian ini juga menemukan bahwa terdapat asosiasi negatif antara kerentanan pandemi dan resistansi ekonomi lokal di Jawa Timur.

Kata Kunci: ANOVA; COVID-19; Klaster; PCA; Resiliensi

JEL: A12; I15; R11

Pendahuluan

Krisis COVID-19 tidak hanya membawa perubahan besar bagi kehidupan sosial dan ekonomi, namun juga mengekspos kerapuhan sistem ekonomi saat ini (Halimatussadiyah dkk., 2020). Kasus COVID-19 menyebar ke seluruh daerah di Indonesia, namun dampak terbesar dirasakan oleh Pulau Jawa. Seluruh provinsi di Pulau Jawa mengalami kontraksi ekonomi pada

tahun 2020, sedangkan beberapa provinsi di Pulau Sulawesi, Maluku dan Papua masih mengalami pertumbuhan positif (BPS, 2021). Provinsi Jawa Timur menjadi penyumbang terbesar keempat kasus COVID-19 di Pulau Jawa sekaligus Indonesia, yaitu sebanyak 400 ribu kasus hingga akhir tahun 2021 (Satuan Tugas Penanganan COVID-19, 2021). Akibatnya, perekonomian Jawa Timur berkontraksi selama empat triwulan berturut-turut, yaitu sepanjang tahun 2020 hingga 2021. Saat awal resesi pada triwulan kedua tahun 2020, perekonomian Jawa Timur berkontraksi sebesar 5.86% (*y-on-y*). Kontraksi tersebut berlanjut hingga triwulan pertama tahun 2021, dengan penurunan sebesar 0.44% dibandingkan triwulan yang sama tahun sebelumnya (BPS Jawa Timur, 2021).

Jika dilihat menurut kabupaten/kota, tingkat infeksi dan kontraksi ekonomi di Jawa Timur juga bervariasi dan memiliki persebaran spasial yang tidak menentu. Jumlah kasus COVID-19 terbanyak pada tahun 2020 tersebar di Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Jember, Kabupaten Gresik dan Kabupaten Banyuwangi. Sedangkan, jumlah kasus COVID-19 paling sedikit tersebar di Kabupaten Madiun, Kota Madiun, Kabupaten Sampang, Kabupaten Ngawi dan Kota Blitar (Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2020). Di sisi lain, kontraksi ekonomi terbesar pada tahun 2020 terjadi di Kota Batu, Kota Kediri, Kabupaten Tuban, Kabupaten Bangkalan dan Kota Surabaya. Sedangkan, kontraksi ekonomi terkecil terjadi di Kabupaten Sampang, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Sumenep (BPS Jawa Timur, 2022). Dampak yang tidak proporsional tersebut menimbulkan keingintahuan bagi peneliti tentang karakteristik dasar yang dimiliki oleh masing-masing kabupaten/kota sehingga memberikan respon yang berbeda terhadap efek pandemi.

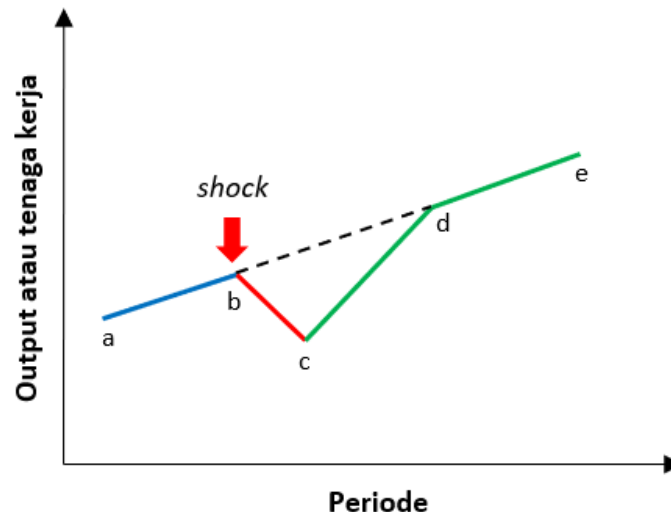
Respon berbeda yang ditunjukkan oleh masing-masing daerah terhadap *shock* biasanya dihubungkan dengan konsep kerentanan dan ketahanan, yaitu kemampuan suatu daerah menyerap *shock* dan kembali ke keseimbangan jangka panjangnya. Kerentanan yang dimaksud dalam penelitian ini terdiri atas kerentanan kesehatan dan kerentanan ekonomi. Kerentanan kesehatan berhubungan dengan kondisi dan kapasitas sistem kesehatan, kondisi sosio-demografi, dan kondisi lingkungan (Acharya & Porwal, 2020; Asongu dkk., 2021; Marvel dkk., 2021). Sedangkan, kerentanan ekonomi bergantung pada struktur industri, keterbukaan perdagangan, keunggulan kompetitif, dinamika ekonomi, dan rezim kebijakan yang dianut (Martin & Sunley, 2015; Chacon-Hurtado dkk., 2020; Hu dkk., 2022).

Pengukuran dan pemetaan kerentanan regional merupakan hal yang penting karena krisis seperti pandemi COVID-19 bisa saja terulang di masa depan. Identifikasi dan reduksi terhadap kondisi-kondisi yang membuat suatu daerah rentan akan sangat bermanfaat untuk menghasilkan resistansi yang kuat dan pemulihan yang cepat. Namun, berdasarkan pengetahuan peneliti, belum ada studi yang mengukur dan memetakan tingkat kerentanan pandemi di Jawa Timur secara komprehensif, dengan mempertimbangkan indikator kesehatan, sosial, ekonomi dan lingkungan. Disamping itu, belum ada yang mengevaluasi dampak kerentanan pandemi terhadap kapasitas resistansi ekonomi kabupaten/kota di Jawa Timur. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan memetakan kerentanan kabupaten/kota di Jawa Timur terhadap dampak negatif pandemi COVID-19. Penelitian ini menggunakan berbagai indikator, yang mencerminkan kondisi kesehatan, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dengan demikian, ukuran kerentanan yang dihasilkan mencakup kerentanan kesehatan dan kerentanan ekonomi akibat krisis COVID-19. Ukuran kerentanan yang dihasilkan selanjutnya disebut sebagai kerentanan pandemi. Penelitian ini juga akan menguji hubungan antara kerentanan pandemi dan resistansi ekonomi kabupaten/kota di Jawa Timur.

Telaah Literatur

Resistensi Ekonomi

Resistensi ekonomi mencerminkan tingkat kepekaan suatu perekonomian regional terhadap *shock*, yang ditunjukkan oleh skala penurunan output atau tenaga kerja (Martin, 2012). *Shock* merupakan kejadian tak terduga yang biasanya membawa dampak negatif (Martin, 2018). Pada level makro, *shock* dapat berbentuk resesi ekonomi, krisis finansial, pergolakan politik, perang, maupun turbulensi teknologi (Briguglio dkk., 2009). Saat ini, pandemi COVID-19 merupakan contoh nyata dari *shock*, yang tidak hanya membawa dampak negatif bagi kesehatan, namun juga berdampak pada kehidupan sosial dan ekonomi secara global.



Sumber: diadaptasi dari Martin (2018)

Gambar 1: Ilustrasi Konsep Resiliensi Ekonomi

Resistensi ekonomi merupakan salah satu aspek dari resiliensi ekonomi, dimana resiliensi ekonomi tidak hanya mencakup kemampuan suatu daerah untuk bertahan terhadap *shock*, namun juga mencakup kemampuan suatu daerah untuk pulih dan beradaptasi dari *shock* (Chacon-Hurtado dkk., 2020). Ilustrasi sederhana dari konsep resiliensi ekonomi disajikan pada Gambar 1. Sumbu absis menggambarkan periode, sedangkan sumbu ordinat menggambarkan output atau tenaga kerja. Garis biru (*a-b*) merupakan jalur pertumbuhan suatu daerah sebelum *shock* terjadi. Selanjutnya, *shock* terjadi di titik *b* dan menghasilkan kontraksi ekonomi, yang digambarkan oleh garis merah (*b-c*). Jika *shock* tidak terjadi, maka level output/tenaga kerja yang diharapkan adalah sebesar garis putus-putus, melanjutkan *trend* jalur pertumbuhannya. Dengan demikian, resistansi ekonomi (*economic resistance*) dapat diukur berdasarkan jarak antara level output/tenaga kerja aktual (selama resesi) dan level output/tenaga kerja yang diharapkan (Martin & Sunley, 2015). Semakin kecil penurunan output/tenaga kerja selama resesi, semakin resistan suatu daerah. Jika suatu daerah mampu pulih dan kembali ke atau bahkan melebihi jalur pertumbuhannya seperti saat sebelum *shock* terjadi (garis hijau, *c-d-e*), maka daerah tersebut dikatakan resilien secara ekonomi. Namun, jika suatu daerah tidak mampu kembali ke jalur pertumbuhannya pra resesi, maka daerah tersebut dikatakan tidak resilien secara ekonomi (Hill dkk., 2008). Tingkat pemulihan ekonomi (*economic recovery*) setelah resesi dapat diukur berdasarkan kecepatan suatu daerah untuk kembali ke jalur pertumbuhannya seperti saat sebelum *shock* terjadi (Martin & Sunley, 2015). Namun, penelitian ini hanya mengukur tingkat resistansi ekonomi karena saat penelitian ini dilakukan, krisis COVID-19 masih berlangsung.

Beberapa isu dalam pengukuran resistansi dan resiliensi ekonomi regional mencakup indikator yang digunakan, unit spasial yang digunakan, periode pengukuran, ukuran jalur pertumbuhan, maupun metode pengukuran resistansi dan resiliensi itu sendiri. Indikator yang digunakan dalam studi-studi resiliensi ekonomi regional bisa bermacam-macam. [Martin \(2012\)](#) dan [Fingleton dkk. \(2012\)](#) menggunakan indikator jumlah tenaga kerja, sedangkan [Davies \(2011\)](#) menggunakan tingkat pengangguran. Indikator yang digunakan juga bisa berupa Produk Domestik Bruto (PDB) ([Kreston & Wójcik, 2013](#); [Gong dkk., 2020](#)), PDB per kapita ([Cellini & Torrisi, 2014](#)), atau tingkat kemiskinan ([Foster, 2006](#)). Penelitian ini menggunakan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) karena ketersediaannya yang kontinu hingga level kabupaten/kota. Sedangkan, data tenaga kerja pada tahun 2016 tidak tersedia menurut kabupaten/kota karena ketidakcukupan sampel Survei Angkatan Kerja Nasional (SAKERNAS).

Analisis resiliensi ekonomi sebaiknya dilakukan pada unit spasial yang lebih kecil ([Faggian dkk., 2018](#)). Penggunaan unit spasial yang terlalu besar berdampak pada ketidakmampuan untuk menangkap dinamika yang terjadi di tingkat lokal. [Faggian dkk. \(2018\)](#) berpendapat, hasil mengejutkan yang diperoleh [Cellini & Torrisi \(2014\)](#) bahwa seluruh daerah di Italia menunjukkan efek pemulihan yang sama setelah resesi kemungkinan disebabkan oleh penggunaan unit spasial yang terlalu besar. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menggunakan wilayah administratif kabupaten/kota sebagai unit spasial. Data di tingkat kabupaten/kota relatif tersedia.

Isu dalam periode pengukuran resistansi dan resiliensi ekonomi mencakup penentuan periode resesi, periode pemulihan dan periode pra resesi yang tercakup dalam penghitungan jalur pertumbuhan (*pre-shock growth path*). [Faggian dkk. \(2018\)](#) menggunakan kriteria periode resesi ekonomi, yaitu ketika terjadi penurunan PDB selama tiga kuartal berturut-turut. Berdasarkan kriteria tersebut, periode resesi untuk Provinsi Jawa Timur adalah sejak kuartal kedua tahun 2020. Perekonomian Jawa Timur selama kuartal kedua hingga kuartal keempat tahun 2020 berkontraksi masing-masing sebesar -5.86%, -3.47% dan -2.65%. Kontraksi ekonomi masih berlanjut pada kuartal pertama 2021, dengan pertumbuhan sebesar -0.44% ([BPS Jawa Timur, 2021](#)). Penelitian ini belum menetapkan periode pemulihan karena krisis COVID-19 belum berakhir saat penelitian dilakukan. Untuk periode pra resesi, biasanya dihitung pada kondisi ekuilibrium dimana kondisi ekonomi normal berlangsung ([Martin & Sunley, 2015](#)). Penelitian ini menggunakan tahun 2010-2019 sebagai periode pra resesi. Pertimbangannya adalah, Indonesia tidak mengalami resesi selama periode tersebut dan PDB Indonesia berbasis tahun dasar baru (2010=100) tersedia sejak tahun 2010.

Isu dalam pengukuran jalur pertumbuhan (*growth path*) berkaitan dengan apakah menggunakan rata-rata pertumbuhan tahunan ataukah menggunakan kemiringan garis regresi ([Hill dkk., 2008](#)). [Han & Goetz \(2015\)](#) menggunakan tingkat pertumbuhan majemuk tahunan, sedangkan [Martin & Sunley \(2015\)](#) menggunakan estimasi jalur pertumbuhan maksimum yang layak (*maximum feasible growth path*). Penelitian ini mengadopsi pendekatan yang digunakan oleh [Han & Goetz \(2015\)](#) karena relatif mudah dihitung.

Metode pengukuran resistansi dan resiliensi ekonomi regional juga beragam. [Martin dkk. \(2016\)](#) membandingkan perubahan indikator (output atau tenaga kerja) di tingkat regional dengan perubahan indikator di tingkat nasional untuk menghasilkan ukuran resistansi dan pemulihan ekonomi relatif. [Han & Goetz \(2015\)](#) mengukur resistansi ekonomi berdasarkan perbandingan antara indikator aktual (saat resesi) dengan ekspektasi indikator, dimana ekspektasi indikator diestimasi berdasarkan pertumbuhan jangka panjang ketika tidak ada *shock*. Selanjutnya, [Han & Goetz \(2015\)](#) juga menurunkan ukuran pemulihan ekonomi sebagai kecepatan perubahan indikator setelah mencapai nilai terendah saat resesi. [Chacon-Hurtado dkk.](#)

(2020) mengukur resiliensi ekonomi regional berdasarkan efek kompetitif yang diturunkan dari analisis *shift-share* dinamis. Briguglio dkk. (2009) dan Östh dkk. (2015) menggunakan berbagai indikator untuk menyusun indeks komposit resiliensi ekonomi.

Kerentanan Pandemi

Kerentanan pandemi mencerminkan derajat eksposur suatu daerah terhadap dampak negatif dari pandemi COVID-19. Penelitian ini mengadopsi indikator yang digunakan oleh *National Institute of Environmental Health Sciences* (NIEHS), namun dengan beberapa penyesuaian berdasarkan ketersediaan data dan kebutuhan analisis. NIEHS membuat ukuran komposit Indeks Kerentanan Pandemi (*Pandemic Vulnerability Index/PVI*) berdasarkan beberapa indikator yang terbagi menjadi 4 dimensi, yaitu tingkat infeksi (jumlah kasus transmisi, penyebaran penyakit), konsentrasi populasi (mobilitas penduduk, kepadatan perumahan), intervensi (pembatasan sosial, pengujian), serta kerentanan kesehatan dan lingkungan (demografi penduduk, polusi udara, distribusi umur, komorbiditas, disparitas kesehatan, jumlah tempat tidur rumah sakit). Indeks Kerentanan Pandemi versi NIEHS tersedia untuk setingkat kabupaten di Amerika Serikat (Marvel dkk., 2021).

Penelitian ini memodifikasi indikator tingkat infeksi menjadi jumlah kejadian dan kematian COVID-19. Indikator konsentrasi populasi juga diganti menjadi indeks mobilitas Facebook dan kepadatan penduduk. Indeks mobilitas Facebook sekaligus merupakan proksi untuk indikator pembatasan sosial. Pada dimensi kerentanan kesehatan dan lingkungan, demografi penduduk dan distribusi umur tidak dimasukkan karena penulis tidak menemukan asosiasi yang cukup kuat antara kedua indikator tersebut dengan jumlah kasus maupun jumlah kematian COVID-19 di Jawa Timur. Indikator disparitas kesehatan juga tidak dimasukkan karena ketersediaan data, sehingga indikator yang tersisa adalah polusi udara, komorbiditas dan jumlah tempat tidur rumah sakit. Polusi udara dicerminkan oleh kadar nitrogen dioksida, sedangkan komorbiditas dicerminkan oleh prevalensi diabetes dan hipertensi. Selanjutnya, penelitian ini menambahkan indikator-indikator dari sisi ekonomi seperti indeks spesialisasi industri, indeks keragaman industri, kontribusi sektor sekunder dan tersier, level ekonomi, dan *Gini Ratio*. Penggunaan indikator-indikator tersebut didasari atas pertimbangan teoritis dan empiris. Dengan demikian, indeks kerentanan pandemi yang dihasilkan tidak hanya mencerminkan kerentanan dari sisi kesehatan, namun juga kerentanan dari sisi ekonomi.

Spesialisasi dan keragaman industri memainkan peranan penting dalam kerentanan ekonomi. Struktur ekonomi yang lebih beragam memiliki kerentanan ekonomi yang lebih kecil terhadap *shock* karena industri yang berbeda memiliki elastisitas permintaan yang berbeda, pasar ekspor yang berbeda, dan ketergantungan yang berbeda terhadap kondisi moneter. Struktur ekonomi yang lebih beragam memungkinkan perekonomian regional membagi risiko (Martin dkk., 2016). Hu dkk. (2022) menambahkan kontribusi sektor sekunder dan tersier untuk mencerminkan kerentanan ekonomi. Sektor sekunder yang padat karya dan berorientasi ekspor sangat terdampak oleh pandemi COVID-19. Di sisi lain, sektor tersier juga rentan mengalami penurunan output akibat pembatasan mobilitas dan aktivitas masyarakat. Selanjutnya, Hu dkk. (2022) juga menemukan bahwa level ekonomi yang dicerminkan oleh PDB per kapita memiliki asosiasi yang signifikan dengan kerentanan ekonomi selama pandemi COVID-19. Kota-kota dengan level ekonomi yang lebih tinggi terdampak lebih serius selama pandemi COVID-19. Hal ini terjadi karena kota-kota dengan level ekonomi yang lebih tinggi memiliki konsentrasi populasi yang lebih tinggi, sehingga memiliki penyebaran COVID-19 yang lebih cepat. Chacon-Hurtado dkk. (2020) menambahkan variabel *Gini Ratio* sebagai proksi untuk stabilitas sosio-ekonomi. Angka *Gini Ratio* yang lebih tinggi mencerminkan kesenjangan pendapatan yang lebih tinggi dan kerentanan sosio-ekonomi yang lebih tinggi pula.

Studi-studi sebelumnya menemukan bahwa terdapat beberapa faktor risiko yang dapat meningkatkan kerentanan suatu daerah terhadap COVID-19. Kartal dkk. (2021) menemukan bahwa mobilitas ke tempat-tempat tertentu, seperti toko, retail dan rekreasi, dan tempat kerja dapat meningkatkan jumlah kasus COVID-19. Nakada & Urban (2021) serta Yin dkk. (2021) menemukan asosiasi positif antara kepadatan penduduk dan tingkat infeksi COVID-19. Traviglio dkk. (2021) serta Zulkarnain & Ramadani (2021) menemukan asosiasi positif antara polusi udara dan transmisi COVID-19. Paparan jangka panjang terhadap polusi udara berhubungan dengan risiko beberapa penyakit pernapasan, dimana individu dengan prakondisi kesehatan tersebut akan lebih rentan terhadap infeksi COVID-19 (Zheng dkk., 2021). Diabetes dan hipertensi juga menjadi penyakit penyerta (komorbid) utama pada pasien COVID-19 (Bajgain dkk., 2021; Djaharuddin dkk., 2021). Selanjutnya, jumlah tempat tidur rumah sakit merupakan indikator yang banyak digunakan untuk mencerminkan kapasitas sistem kesehatan (Acharya & Porwal, 2020; Asongu dkk., 2021; Marvel dkk., 2021).

Metode Penelitian

Data dan Indikator

Data dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) menurut kabupaten/kota diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data PDRB Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB ADHB) digunakan untuk mengukur indeks spesialisasi industri, indeks keragaman industri, kontribusi sektor sekunder dan tersier, dan PDRB per kapita. Sedangkan, data Data PDRB Atas Dasar Harga Konstan (PDRB ADHK) digunakan untuk mengukur resistansi ekonomi. Indeks spesialisasi industri dihitung menggunakan formula Krugman (1981) sebagai berikut:

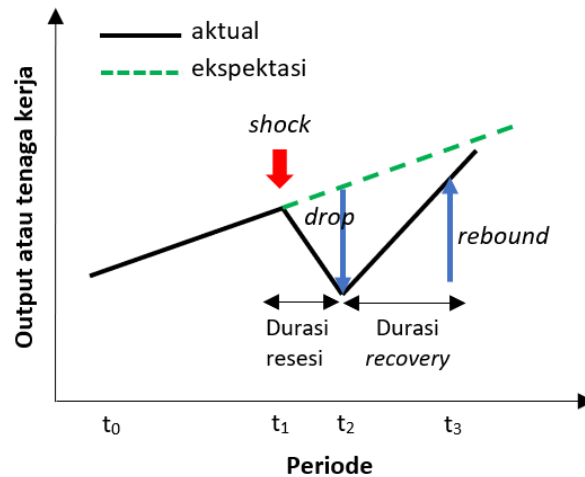
$$SPEC_i = \sum_{j=1}^k |V_{ij} - V_{n,j}| \quad (1)$$

dimana V_{ij} adalah kontribusi nilai tambah sektor j di kabupaten/kota i , $V_{n,j}$ adalah kontribusi nilai tambah sektor j di Provinsi Jawa Timur, dan k adalah banyaknya sektor ekonomi. Selanjutnya, indeks keragaman industri dihitung sebagai berikut (Hu dkk., 2022):

$$DIV_i = \sum_{j=1}^k V_{ij} \cdot \log\left(\frac{1}{V_{ij}}\right) \quad (2)$$

Semakin besar indeks spesialisasi industri, semakin terkonsentrasi industri di suatu daerah. Sebaliknya, semakin besar indeks keragaman industri, semakin variatif industri di suatu daerah. Kontribusi sektor sekunder dan tersier merupakan kontribusi nilai tambah sektor industri pengolahan hingga jasa-jasa. PDRB per kapita diperoleh sebagai rasio antara PDRB ADHB dengan jumlah penduduk, dimana data jumlah penduduk juga diperoleh dari BPS.

Indikator penting dalam penelitian ini adalah resistansi ekonomi. Resistansi ekonomi mencerminkan kemampuan daerah bertahan terhadap efek negatif dari *shock*. Han & Goetz (2015) mengajukan konsep pengukuran resistansi ekonomi berdasarkan besarnya penurunan output atau jumlah tenaga kerja riil terhadap output atau jumlah tenaga kerja yang diharapkan. Output atau jumlah tenaga kerja yang diharapkan dihitung berdasarkan jalur pertumbuhan jangka panjang suatu daerah ketika tidak ada *shock*. Konsep pengukuran yang diajukan oleh Han & Goetz (2015) diilustrasikan dalam Gambar 2.



Sumber: Han & Goetz (2015)

Gambar 2: Ilustrasi Konsep ‘Drop’ dan ‘Rebound’

Pada dasarnya, Han & Goetz (2015) menyediakan dua ukuran yang disebut ‘drop’ dan ‘rebound’. ‘Drop’ mengukur seberapa besar penurunan output atau jumlah tenaga kerja selama resesi, sedangkan ‘rebound’ mengukur kecepatan pemulihan pasca resesi. Penelitian ini hanya menghitung ‘drop’ karena pandemi COVID-19 belum berakhir saat penelitian dilakukan dan belum semua kabupaten/kota pulih akibat pandemi COVID-19. Nilai ‘drop’ dihitung sebagai berikut (Han & Goetz, 2015):

$$DROP_t = \frac{y_h(1+r)^{t-t_1} - y_t}{y_h(1+r)^{t-t_1}}; t > t_1 \quad (3)$$

dimana y_h adalah output atau jumlah tenaga kerja pada periode terakhir sebelum resesi, y_t adalah output atau jumlah tenaga kerja pada periode resesi, dan r adalah rata-rata pertumbuhan output atau tenaga kerja pada periode normal sebelum resesi.

Nilai ‘drop’ berkisar antara 0 hingga 1. Nilai ‘drop’ mendekati 0 jika penurunan output atau tenaga kerja kecil dan nilai ‘drop’ mendekati 1 jika penurunan output atau tenaga kerja besar. Penelitian ini menghitung kebalikan dari ‘drop’ untuk menghasilkan ukuran resistansi sebagai berikut:

$$RESIST_t = 1 - DROP_t \quad (4)$$

Dengan demikian, daerah yang mengalami penurunan kecil terhadap output atau tenaga kerja akan menghasilkan nilai resistansi yang besar. Sedangkan, daerah yang mengalami penurunan besar terhadap output atau tenaga kerja akan menghasilkan nilai resistansi yang kecil. Nilai resistansi ekonomi ini juga berkisar antara 0 hingga 1. Penelitian ini menggunakan data PDRB ADHK sebagai proksi output riil untuk menghitung resistansi ekonomi.

Data mobilitas penduduk, jumlah kasus COVID-19, jumlah kematian akibat COVID-19, kepadatan penduduk, polusi udara, prevalensi diabetes melitus, prevalensi hipertensi, rasio tempat tidur rumah sakit (RS), dan *Gini Ratio* juga digunakan untuk mengukur kerentanan pandemi. Mobilitas penduduk dicerminkan oleh data rentang pergerakan Facebook (*Facebook movement range*). Data rentang pergerakan Facebook ditujukan untuk menginformasikan bagaimana penduduk merespon aturan pembatasan sosial. Data tersebut tersedia harian hingga level kabupaten/kota. Data tersebut diperoleh dari pengguna Facebook yang

mengaktifkan fitur lokasi di Facebook mereka. Pada dasarnya, data rentang pergerakan Facebook menyediakan 2 ukuran, yaitu ‘perubahan pergerakan’ (*change in movement*) dan ‘tetap tinggal’ (*stay put*). Data ‘perubahan pergerakan’ mengukur seberapa besar kenaikan atau penurunan pergerakan pengguna *eligible* dibandingkan dengan periode *baseline* (Februari 2020). Sedangkan, data ‘tetap tinggal’ mengukur proporsi pengguna *eligible* yang tetap tinggal dalam satu lokasi tertentu. Penelitian ini hanya menggunakan data ‘perubahan pergerakan’ untuk mengukur perubahan mobilitas akibat kebijakan pembatasan sosial. Data harian diagregasi menjadi data tahunan dengan menggunakan rata-rata sederhana.

Data jumlah kejadian dan kematian COVID-19 diperoleh dari portal resmi pemerintah daerah Provinsi Jawa Timur (Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2020). Sedangkan, data kepadatan penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Tingkat polusi udara dicerminkan oleh kadar nitrogen dioksida (NO₂). Kadar NO₂ menurut kabupaten/kota diperoleh dari hasil pengolahan citra satelit Sentinel-5P. Satelit Sentinel-5P adalah satelit pengamatan komposisi atmosfer yang beroperasi pada orbit dengan ketinggian 824 km dan siklus orbit 16 hari. Resolusi spasial dari Sentinel-5P adalah sebesar 21 x 28 km² untuk *band* 1 (*deep UV*), 7 x 3.5 km² untuk *band* 2-6 (*UVN*), dan 7 x 7 km² untuk *band* 7-8 (*SWIR*) (Eskes dkk., 2019). Data kadar NO₂ level kabupaten/kota dihitung dengan menggunakan rata-rata sederhana. Selanjutnya, data kadar NO₂ dikonversi dari mol/m² ke molekul/cm² dengan faktor pengali sebesar 6.02214 x 10¹⁹.

Komorbidity COVID-19 dicerminkan oleh prevalensi diabetes melitus dan prevalensi hipertensi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa diabetes melitus dan hipertensi merupakan dua penyakit penyerta utama pada pasien COVID-19 (Bajgain dkk., 2021; Djaharuddin dkk., 2021; Ng dkk., 2021). Data prevalensi diabetes melitus dan hipertensi diperoleh dari hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan pada tahun 2018. Selanjutnya, data jumlah tempat tidur rumah sakit diperoleh dari publikasi Profil Kesehatan yang dihasilkan oleh Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. Terakhir, data *Gini Ratio* diperoleh dari BPS Provinsi Jawa Timur. Tabel 1 merangkum berbagai data dan indikator yang digunakan dalam penelitian ini beserta sumbernya.

Tabel 1: Sumber Data

Label	Deskripsi	Proksi untuk:	Sumber data
RESIST	Resistensi ekonomi	Resistensi ekonomi regional	Dihitung berdasarkan data Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Konstan (PDRB ADHK) tahun 2010-2020
MOB	Data pergerakan Facebook (1 Maret 2020 - 31 Desember 2020)	Pembatasan mobilitas	(OCHA, 2020)
COVID	Jumlah kasus COVID-19 (31 Desember 2020)	Keparahan COVID-19	Peta Sebaran Covid-19 Pemerintah Provinsi Jawa Timur
MORT	Jumlah kematian akibat COVID-19 (31 Desember 2020)	Keparahan COVID-19	Peta Sebaran Covid-19 Pemerintah Provinsi Jawa Timur
DENS	Kepadatan penduduk (2020)	Konsentrasi populasi	BPS Provinsi Jawa Timur
NO2	Konsentrasi nitrogen dioksida (2020)	Polusi udara	(Copernicus, 2020)
DIAB	Prevalensi diabetes melitus berdasarkan diagnosis dokter (2018)	Komorbidity COVID-19	Riskesdas, Kementerian Kesehatan

Label	Deskripsi	Proksi untuk:	Sumber data
HYPER	Prevalensi hipertensi berdasarkan diagnosis dokter (2018)	Komorbidity COVID-19	Riskesdas, Kementerian Kesehatan
BED	Rasio tempat tidur RS (2020)	Kapasitas sistem kesehatan	Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur
SPEC	Indeks spesialisasi Krugman (2020)	Struktur industri	Dihitung berdasarkan data Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB ADHB)
DIV	Indeks keragaman industri (2020)	Struktur industri	Dihitung berdasarkan data Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB ADHB)
STR	Kontribusi sektor sekunder dan tersier (2020)	Struktur industri	Dihitung berdasarkan data Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB ADHB)
ECO	PDRB per kapita (2020)	Level ekonomi	BPS Provinsi Jawa Timur
GR	<i>Gini Ratio</i> (2020)	Kesenjangan pendapatan	BPS Provinsi Jawa Timur

Analisis Komponen Utama (PCA)

Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis/PCA*) digunakan dalam penelitian ini untuk dua tujuan. Pertama, PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data sebelum analisis lebih lanjut, termasuk untuk pembentukan kluster. Kedua, PCA digunakan untuk membentuk indeks kerentanan pandemi (*Pandemic Vulnerability Index/PVI*). Variabel-variabel yang digunakan dalam PCA adalah indeks mobilitas Facebook (MOB), jumlah kasus COVID-19 (COVID), jumlah kematian akibat COVID-19 (MOR), kepadatan penduduk (DENS), kadar nitrogen dioksida (NO₂), prevalensi diabetes melitus (DIAB), prevalensi hipertensi (HYPER), rasio tempat tidur rumah sakit (BED), indeks spesialisasi industri (SPEC), indeks keragaman industri (DIV), kontribusi sektor sekunder dan tersier (STR), PDRB per kapita (ECO), dan *Gini Ratio* (GR). Variabel-variabel tersebut distandarisasi terlebih dahulu untuk menghilangkan efek skala.

Misalkan, himpunan p variabel yang telah distandarisasi dinotasikan dengan $Z^T = [Z_1 \ Z_2 \ \dots \ Z_p]$ dan matriks korelasi antar variabel dinotasikan dengan ρ . Matriks korelasi ρ memiliki pasangan nilai *eigen* dan vektor *eigen* $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$, dimana $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$. Maka, komponen utama ke- i dihitung sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2002):

$$PC_i = e_i^T Z = e_{i1}Z_1 + e_{i2}Z_2 + \dots + e_{ip}Z_p \tag{5}$$

dimana e_{ij} mencerminkan tingkat kepentingan variabel asal ke- j dalam komponen utama ke- i . Korelasi antara variabel asal ke- j dan komponen utama ke- i adalah sebagai berikut:

$$\rho_{pciz_j} = e_{ij} \sqrt{\lambda_i}; i, j = 1, 2, \dots, p \tag{6}$$

Komponen utama yang dihasilkan dalam formula (5) bersifat independen dengan komponen utama lainnya [$Corr(PC_i, PC_k) = 0, i \neq k$]. Disamping itu, komponen utama memiliki varians sebesar nilai *eigen* [$Var(PC_i) = \lambda_i$]. Komponen utama pertama menjelaskan keragaman data paling besar, komponen utama kedua menjelaskan keragaman data terbesar kedua, dan seterusnya. Dengan demikian, jika beberapa komponen utama pertama (yang lebih sedikit jumlahnya daripada variabel asal) sudah dapat mewakili sebagian besar keragaman data, maka komponen utama sisanya dapat dieliminasi tanpa kehilangan banyak informasi. Proporsi keragaman data yang dapat dijelaskan oleh komponen utama ke- i adalah sebesar:

$$\text{Proporsi} = \frac{\lambda_i}{p} \times 100\% \quad (7)$$

dimana λ_i adalah nilai *eigen* dari komponen utama ke- i dan p adalah banyaknya variabel asal.

Tidak ada jawaban tunggal untuk berapa banyak komponen utama yang sebaiknya digunakan (James dkk., 2013). Jolliffe (1972) merekomendasikan batas nilai *eigen* sebesar 0.70, Manly (2004) memberikan alternatif batas nilai *eigen* (varians) sebesar 1, Johnson & Wichern (2002) menggunakan batas minimum proporsi kumulatif sebesar 80%, sedangkan Chacon-Hurtado dkk. (2020) menggunakan proporsi kumulatif sebesar 70% dalam penelitiannya. James dkk. (2013) memberikan beberapa pertimbangan dalam menentukan jumlah komponen utama yang ideal, termasuk penggunaan *scree plot* dan pertimbangan pola komponen utama. Dengan *scree plot*, jumlah komponen utama ditentukan dengan melihat nilai *eigen* atau proporsi keragaman komponen utama berikutnya. Jika nilai *eigen* atau proporsi keragaman komponen utama berikutnya *drop* (membentuk siku), maka jumlah komponen utama ditetapkan pada titik sebelum *drop* (sebelum terbentuk siku). Dengan pola komponen utama, jumlah komponen utama ditetapkan dengan mempertimbangkan ada tidaknya pola yang menarik dari komponen utama yang dihasilkan.

Tahapan berikutnya adalah membentuk indeks komposit kerentanan pandemi. Indeks komposit tersebut dihitung berdasarkan subindeks-subindeks yang dinormalisasi dari komponen utama yang telah direduksi. Penghitungan subindeks ke- i adalah sebagai berikut:

$$S_i = \frac{PC_i - \min\{PC_i\}}{\max\{PC_i\} - \min\{PC_i\}}, \text{ jika arah } PC_i \text{ sejalan dengan kerentanan pandemi} \quad (8)$$

$$S_i = 1 - \left[\frac{PC_i - \min\{PC_i\}}{\max\{PC_i\} - \min\{PC_i\}} \right], \text{ jika arah } PC_i \text{ berlawanan dengan kerentanan pandemi}$$

dimana $i = 1, 2, \dots, m$ ($m < p$), PC_i adalah komponen utama ke- i , $\min(\cdot)$ mencerminkan nilai minimum, dan $\max(\cdot)$ mencerminkan nilai maksimum. Indeks komposit kerentanan pandemi (*Pandemic Vulnerability Index/PVI*) dihitung sebagai berikut:

$$PVI = \sum_{i=1}^m w_i S_i \quad (9)$$

dimana $w_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$ adalah bobot untuk subindeks ke- i .

Analisis Klaster

Analisis klaster digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan kerentanannya terhadap pandemi. Teknik yang digunakan adalah *K-Means clustering*. Dalam algoritma *K-Means*, amatan-amatan dipartisi ke dalam K klaster yang saling terpisah berdasarkan ukuran kemiripannya (*similarity*). Ukuran kemiripan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak *Euclidean*:

$$d_{ij} = \sqrt{(z_i - z_j)^T (z_i - z_j)}; i, j = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

dimana jarak antara amatan ke- i dan amatan ke- j , dan adalah vektor variabel yang telah distandarisasi pada amatan ke- i dan amatan ke- j .

Algoritma pengelompokan dengan menggunakan *K-Means* memiliki beberapa tahapan sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2002):

1. Tempatkan setiap amatan ke dalam K kluster awal secara acak.
2. Hitung *centroid* dari K kluster.
3. Tempatkan ulang setiap amatan ke dalam K kluster berdasarkan kedekatan jaraknya dengan *centroid*. Pada tahap ini, amatan-amatan dapat berpindah kluster ataupun tetap di dalam kluster sebelumnya.
4. Ulangi tahap 2 dan 3 sampai tidak ada lagi amatan yang berpindah kluster atau iterasi maksimum sudah dicapai.

Kluster akhir yang dihasilkan oleh *K-Means* bergantung pada kluster awal yang ditentukan secara acak. Oleh karena itu, prosedur *K-Means* sebaiknya diulang beberapa kali dengan pengacakan yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang stabil. Kluster akhir yang dipilih adalah yang memiliki *total within-cluster variation* (TWCV) terkecil (James dkk., 2013). Formula dari TWCV adalah sebagai berikut:

$$TWCV = \sum_{k=1}^K \frac{1}{|C_k|} \sum_{i,i' \in C_k} \sum_{j=1}^p (z_{ij} - z_{i'j})^2 \quad (11)$$

dimana $|C_k|$ adalah banyaknya amatan dalam kluster ke- k , z_{ij} adalah nilai variabel ke- j dari amatan ke- i , $z_{i'j}$ adalah nilai variabel ke- j dari amatan ke- i' , p adalah banyaknya variabel, dan K adalah banyaknya kluster.

Permasalahan penting dalam teknik *K-Means* adalah penentuan jumlah kluster (K) optimal. Penelitian ini menggunakan metode *silhouette* untuk menentukan jumlah kluster. Koefisien *silhouette* dihitung sebagai berikut (Kaufman & Rousseeuw, 2005):

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (12)$$

dimana $a(i)$ adalah rata-rata jarak amatan ke- i ke amatan lainnya yang berada di dalam kluster yang sama dan $b(i)$ adalah nilai minimum dari rata-rata jarak amatan ke- i ke amatan lainnya yang berada di kluster yang berbeda.

Nilai $s(i)$ berkisar antara -1 hingga 1. Nilai $s(i)$ mendekati 1 jika keragaman di dalam kluster jauh lebih kecil dibandingkan dengan keragaman antar kluster (amatan ke- i diklasifikasikan dengan baik). Sedangkan, nilai $s(i)$ mendekati -1 jika keragaman antar kluster lebih kecil dibandingkan dengan keragaman di dalam kluster (amatan ke- i salah klasifikasi). Dengan demikian, semakin besar nilai $s(i)$, semakin baik hasil pengelompokan. Selanjutnya, rata-rata lebar *silhouette* dihitung sebagai berikut:

$$\bar{s}(K) = \sum_{i=1}^N \frac{s(i)}{N} \quad (13)$$

Nilai dapat digunakan untuk menentukan jumlah kluster terbaik. Nilai untuk berbagai kemungkinan jumlah kluster (K) biasanya disajikan dalam *silhouette plot*. Jumlah kluster (K) terbaik yang dipilih adalah yang menghasilkan nilai sebesar mungkin (Kaufman & Rousseeuw, 2005).

Analisis Keragaman (ANOVA)

Analisis keragaman (*Analysis of Variance/ANOVA*) digunakan untuk menguji perbedaan tingkat resistansi ekonomi antar berbagai klaster. Dengan kata lain, penelitian ini ingin menguji apakah ada asosiasi antara klaster dan resistansi ekonomi. Hipotesis yang ingin diuji adalah sebagai berikut:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K \text{ (Tidak ada asosiasi antara klaster dan resistansi ekonomi)}$$

$$H_1: \text{Minimal ada satu pasangan } \mu_i \neq \mu_j \forall i \neq j \text{ (Ada asosiasi antara klaster dan resistansi ekonomi)}$$

Hipotesis di atas diuji dengan mendekomposisikan total keragaman data menjadi keragaman klaster dan keragaman galat. Jika keragaman klaster jauh lebih besar dibandingkan dengan keragaman galat, maka dapat disimpulkan bahwa klaster berpengaruh terhadap resistansi ekonomi. Prosedur ini biasanya dilakukan menggunakan tabel ANOVA sebagai berikut (Montgomery, 2001):

Tabel 2: Analisis Keragaman (ANOVA)

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai-F	Nilai-p
Klaster	K-1	$JKK = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$	$KTK = \frac{JKK}{K-1}$	$F^* = \frac{KTK}{KTG}$	$P(F > F^*)$
Galat	N-K	$JKG = JKT - JKK$	$KTG = \frac{JKG}{N-K}$		
Total	N-1	$JKT = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$			

dimana y_{ij} adalah nilai resistansi ekonomi pada amatan ke- j dalam klaster ke- i , $\bar{y}_{i.}$ adalah rata-rata resistansi ekonomi pada klaster ke- i , $\bar{y}_{..}$ adalah rata-rata resistansi ekonomi seluruh amatan, n_i adalah jumlah anggota klaster ke- i , K adalah jumlah klaster, dan N adalah total amatan.

Hipotesis nol (H_0) ditolak jika nilai- p yang dihasilkan lebih kecil daripada taraf nyata 5%. Jika hipotesis nol ditolak, maka disimpulkan bahwa terdapat asosiasi antara klaster dan resistansi ekonomi. Dengan kata lain, minimal ada satu pasangan klaster yang perbedaan resistansi ekonominya signifikan. Untuk mengetahui pasangan klaster mana saja yang berbeda, penelitian ini menggunakan uji Tukey. Perbandingan dapat dilakukan dengan membuat selang kepercayaan 95% untuk perbedaan respon dari semua pasangan klaster. Formulanya adalah sebagai berikut (Montgomery, 2001):

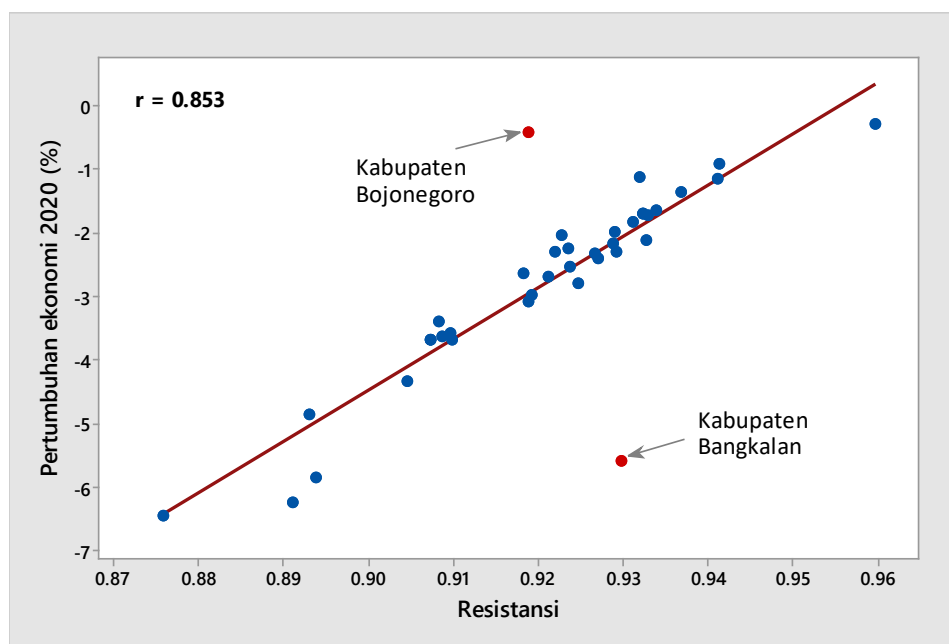
$$(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{j.}) \pm \frac{q_{0.05}(K, dbg)}{\sqrt{2}} \sqrt{KTG \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}; \forall i \neq j \tag{14}$$

dimana $\bar{y}_{i.}$ adalah rata-rata resistansi ekonomi pada klaster ke- i , $\bar{y}_{j.}$ adalah rata-rata resistansi ekonomi pada klaster ke- j , $q_{0.05}(K, dbg)$ adalah nilai tabel Tukey dengan taraf nyata 5%, K adalah jumlah klaster, dbg adalah derajat bebas galat, n_i adalah jumlah anggota klaster ke- i , n_j adalah jumlah anggota klaster ke- j , dan KTG adalah kuadrat tengah galat. Perbedaan resistansi antara klaster ke- i dan klaster ke- j dikatakan signifikan jika selang kepercayaan yang dihasilkan tidak memuat nilai nol.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Resistansi Ekonomi

Resistansi ekonomi dihitung menggunakan formula (4). Nilai resistansi berkisar antara 0 hingga 1. Semakin tinggi angka resistansi, semakin tinggi ketahanan ekonomi suatu wilayah selama pandemi. Gambar 3 menampilkan plot pencaran antara angka resistansi yang dihasilkan dengan pertumbuhan ekonomi pada tahun 2020. Gambar tersebut memperlihatkan adanya korelasi yang erat antara resistansi dan pertumbuhan ekonomi. Meskipun seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur mengalami kontraksi perekonomian pada tahun 2020 akibat pandemi COVID-19, namun kabupaten/kota yang memiliki resistansi yang tinggi cenderung memiliki pertumbuhan ekonomi yang lebih baik.



Gambar 3: Resistansi dan Pertumbuhan Ekonomi, 2020

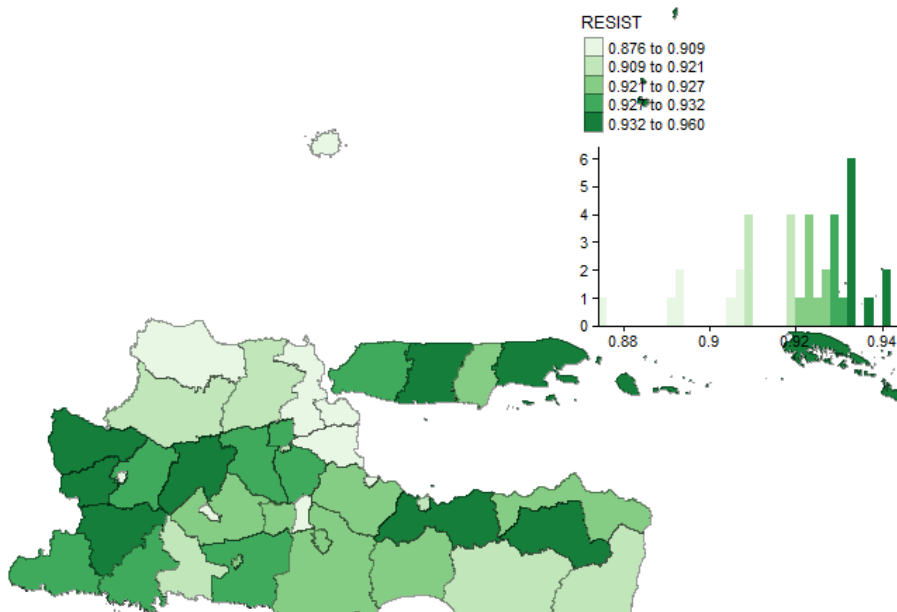
Selanjutnya, penelitian ini menemukan bahwa ada 2 kabupaten/kota yang memiliki pola menyimpang dari *trend* secara umum, sehingga perlu dianalisis secara hati-hati. Kedua kabupaten/kota tersebut adalah Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Bangkalan. Lebih dari 40% perekonomian Kabupaten Bojonegoro disumbangkan oleh sektor pertambangan, khususnya pertambangan minyak bumi dan gas (migas). Pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro pada tahun 2020 tidak hanya dipengaruhi oleh pandemi COVID-19, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti cadangan dan produksi migas serta harga komoditas internasional (BPS Kabupaten Bojonegoro, 2021). Perekonomian Kabupaten Bangkalan juga dipengaruhi oleh kinerja sektor Pertambangan dan Penggalian, termasuk penggalian batu dan pasir. Sektor Pertambangan dan Penggalian merupakan kontributor terbesar kedua di Kabupaten Bangkalan setelah sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan. Dengan demikian, pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bangkalan pada tahun 2020 tidak hanya dipengaruhi oleh pandemi COVID-19, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti produksi minyak bumi dan barang galian, harga komoditas internasional dan proyek infrastruktur yang membutuhkan bahan galian (BPS Kabupaten Bangkalan, 2021).

Nilai resistansi ekonomi masing-masing kabupaten/kota disajikan dalam Tabel 3. Nilai resistansi tertinggi dihasilkan oleh Kabupaten Sampang, dengan nilai resistansi sebesar 0.9598. Nilai resistansi yang relatif tinggi juga ditemukan di Kabupaten Ponorogo (0.9413)

dan Kabupaten Sumenep (0.9412). Nilai resistansi terendah dihasilkan oleh Kota Batu, dengan nilai resistansi sebesar 0.8760. Nilai resistansi yang relatif rendah juga ditemukan di Kota Kediri (0.8912) dan Kota Surabaya (0.8931).

Tabel 3: Nilai Resistansi Ekonomi Masing-masing Kabupaten/Kota

Kode	Kabupaten/Kota	Resistansi	Kode	Kabupaten/Kota	Resistansi
01	Kabupaten Pacitan	0.9313	20	Kabupaten Magetan	0.9340
02	Kabupaten Ponorogo	0.9413	21	Kabupaten Ngawi	0.9324
03	Kabupaten Trenggalek	0.9288	22	Kabupaten Bojonegoro	0.9189
04	Kabupaten Tulungagung	0.9189	23	Kabupaten Tuban	0.8939
05	Kabupaten Blitar	0.9293	24	Kabupaten Lamongan	0.9183
06	Kabupaten Kediri	0.9271	25	Kabupaten Gresik	0.9074
07	Kabupaten Malang	0.9212	26	Kabupaten Bangkalan	0.9298
08	Kabupaten Lumajang	0.9248	27	Kabupaten Sampang	0.9598
09	Kabupaten Jember	0.9193	28	Kabupaten Pamekasan	0.9237
10	Kabupaten Banyuwangi	0.9098	29	Kabupaten Sumenep	0.9412
11	Kabupaten Bondowoso	0.9369	71	Kota Kediri	0.8912
12	Kabupaten Situbondo	0.9266	72	Kota Blitar	0.9221
13	Kabupaten Probolinggo	0.9327	73	Kota Malang	0.9237
14	Kabupaten Pasuruan	0.9229	74	Kota Probolinggo	0.9087
15	Kabupaten Sidoarjo	0.9074	75	Kota Pasuruan	0.9046
16	Kabupaten Mojokerto	0.9320	76	Kota Mojokerto	0.9099
17	Kabupaten Jombang	0.9291	77	Kota Madiun	0.9084
18	Kabupaten Nganjuk	0.9329	78	Kota Surabaya	0.8931
19	Kabupaten Madiun	0.9323	79	Kota Batu	0.8760



Gambar 4: Sebaran Spasial Resistansi Ekonomi di Jawa Timur

Gambar 4 menampilkan distribusi spasial dari nilai resistansi ekonomi. Semakin hijau warna daerah, semakin tinggi nilai resistansinya. Polanya cukup menyebar, dimana resis-

tansi ekonomi tinggi ditemukan di beberapa wilayah berbeda seperti di Pulau Madura, sisi barat provinsi Jawa Timur, maupun sisi timur Provinsi Jawa Timur. Resistansi ekonomi rendah ditemukan di sekitar Kota Surabaya dan sisi utara Provinsi Jawa Timur, bagian tengah Provinsi Jawa Timur, maupun bagian selatan Provinsi Jawa Timur.

Analisis Deskriptif

Tabel 4 menyajikan statistik deskriptif dari setiap variabel yang digunakan dalam penelitian. Indeks mobilitas Facebook memiliki rata-rata -0.11, dengan nilai minimum -0.21 dan nilai maksimum -0.03. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur mengalami penurunan mobilitas pada tahun 2020 dibandingkan dengan *baseline*. Pandemi COVID-19 memaksa pemerintah untuk menerapkan kebijakan pembatasan sosial. Rata-rata jumlah kasus COVID-19 di Jawa Timur adalah sekitar 2214 kasus. Jumlah kasus COVID-19 paling banyak ditemukan di Kota Surabaya, yaitu mencapai 18164 kasus. Sedangkan, jumlah kasus COVID-19 paling sedikit ditemukan di Kabupaten Madiun, yaitu 390 kasus. Kota Surabaya juga memiliki jumlah kematian COVID-19 terbanyak, yaitu sebanyak 1248 kasus. Sedangkan, jumlah kematian paling sedikit ditemukan di Kabupaten Pacitan, yaitu 21 kasus ([Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2020](#)).

Tingginya jumlah kasus dan kematian COVID-19 di Kota Surabaya tidak terlepas dari tingginya kepadatan penduduk di kota tersebut. Untuk setiap kilometer persegi di Kota Surabaya, terdapat sekitar 8200 penduduk. Sedangkan, tingkat kepadatan terendah terdapat di Kabupaten Banyuwangi, yaitu 295 penduduk per kilometer persegi ([BPS Jawa Timur, 2022](#)). Seiring dengan tingkat kepadatannya, Kota Surabaya dan Kabupaten Banyuwangi masing-masing memiliki tingkat polusi udara tertinggi dan terendah, yang dicerminkan oleh konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂). Kadar NO₂ di Kota Surabaya adalah sekitar 5.71 kuadriliun molekul per cm², sedangkan kadar NO₂ di Kabupaten Banyuwangi adalah sekitar 2.55 kuadriliun molekul per cm² ([Copernicus, 2020](#)).

Komorbiditas dicerminkan oleh prevalensi diabetes melitus dan hipertensi. Persentase penduduk yang menderita diabetes melitus dan hipertensi di Jawa Timur masing-masing sebesar 2.09% dan 7.99%. Prevalensi diabetes melitus tertinggi terdapat di Kota Madiun (4.22%), sedangkan prevalensi diabetes melitus terendah terdapat di Kabupaten Sumenep (0.75%). Kabupaten Sumenep juga memiliki prevalensi hipertensi terendah, yaitu sebesar 4.24%, sedangkan prevalensi hipertensi tertinggi terdapat di Kota Probolinggo, yaitu sebesar 10.89% ([Kemenkes, 2019](#)).

Struktur industri dicerminkan oleh indeks spesialisasi industri, indeks keragaman industri dan kontribusi sektor sekunder dan tersier. Kota Kediri memiliki indeks spesialisasi industri tertinggi (1.03) dan indeks keragaman industri terendah (0.35). Hal ini terjadi karena sekitar 80% perekonomian Kota Kediri dikontribusikan oleh sektor Industri Pengolahan ([BPS Kota Kediri, 2021](#)). Indeks spesialisasi industri terendah dimiliki oleh Kabupaten Malang (0.19), sedangkan indeks keragaman industri tertinggi dimiliki oleh Kota Blitar (1.04). Kontribusi sektor sekunder dan tersier paling tinggi terdapat di Kota Surabaya (99.83%), sedangkan kontribusi sektor sekunder dan tersier paling rendah terdapat di Kabupaten Bojonegoro (42.40%).

Tabel 4: Statistik Deskriptif

Deskripsi variabel	Label	Satuan	Rataan	Simp. baku	Min.	Maks.
Indeks mobilitas Facebook	MOB	Indeks	-0.11	0.03	-0.21	-0.03
Jumlah kasus COVID-19	COVID	Kasus	2214	2990	390	18164

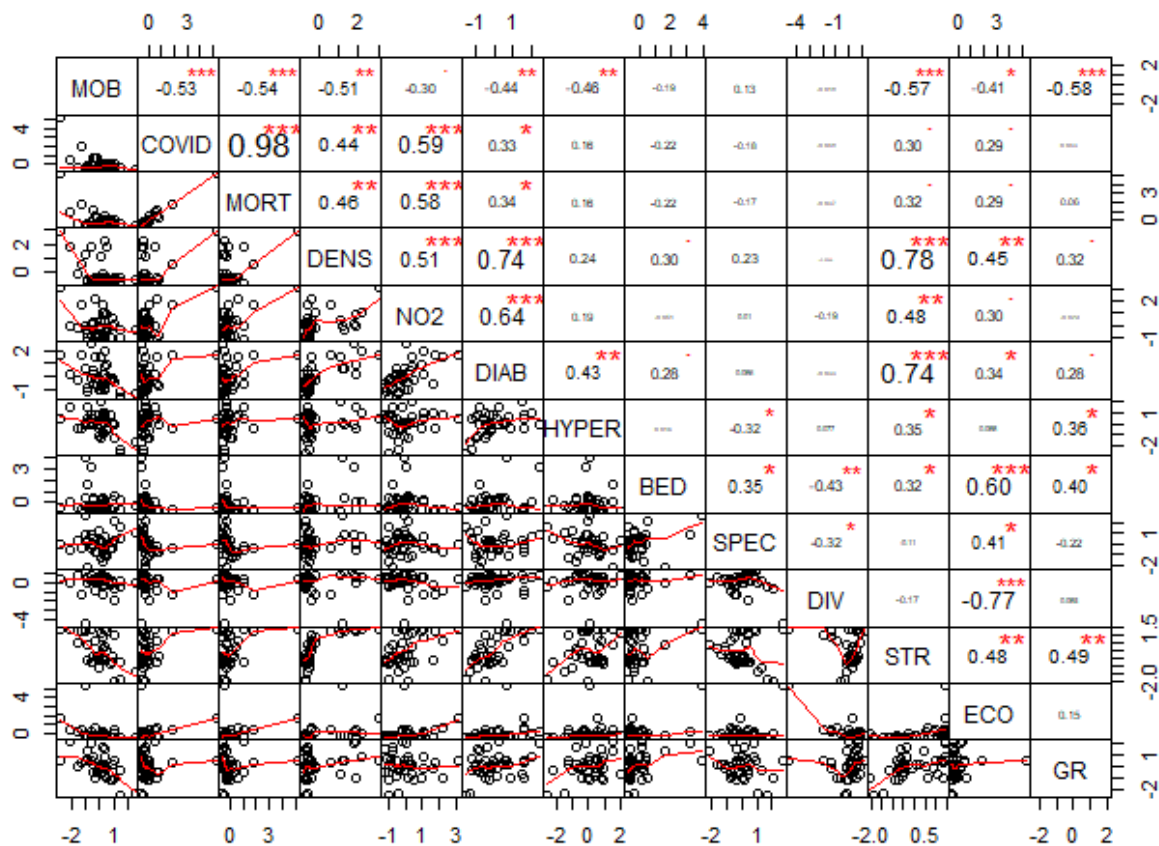
Deskripsi variabel	Label	Satuan	Rataan	Simp. baku	Min.	Maks.
Jumlah kematian akibat COVID-19	MORT	Kasus	153	210	21	1248
Kepadatan penduduk	DENS	Jiwa per km ²	1923	2080	295	8200
Konsentrasi nitrogen dioksida	NO2	10 ¹⁵ molekul per cm ²	3.45	0.70	2.55	5.71
Prevalensi diabetes melitus	DIAB	%	2.09	0.84	0.75	4.22
Prevalensi hipertensi	HYPER	%	7.99	1.38	4.24	10.89
Rasio tempat tidur RS	BED	Unit per kasus COVID-19	0.70	0.54	0.31	2.89
Indeks spesialisasi industri	SPEC	Indeks	0.57	0.17	0.19	1.03
Indeks keragaman industri	DIV	Indeks	0.89	0.12	0.35	1.04
Kontribusi sektor sekunder dan tersier	STR	%	75.64	16.26	42.40	99.83
PDRB per kapita	ECO	Milyar rupiah per penduduk	0.06	0.07	0.02	0.46
<i>Gini Ratio</i>	GR	Indeks	0.33	0.03	0.26	0.40
Resistensi ekonomi	RESIST	Indeks	0.92	0.02	0.88	0.96

Jumlah observasi (N) = 38

Rata-rata PDRB per kapita di Jawa Timur adalah sekitar 60 juta rupiah, dengan variasi yang cukup tinggi antar kabupaten/kota. PDRB per kapita tertinggi dimiliki oleh Kota Kediri, yaitu sekitar 460 juta rupiah per penduduk. Sedangkan, PDRB per kapita terendah dimiliki oleh Kabupaten Pamekasan, yaitu sekitar 20 juta rupiah per penduduk. Jika dilihat tingkat ketimpangannya menggunakan Gini Ratio, ketimpangan tertinggi terdapat di Kota Malang, dengan angka Gini Ratio sebesar 0.40. Sementara itu, ketimpangan terendah terdapat di Kabupaten Sumenep, dengan angka Gini Ratio sebesar 0.26 (BPS Jawa Timur, 2022).

Rata-rata nilai resistansi ekonomi di Jawa Timur adalah sebesar 0.92, dengan simpangan baku sebesar 0.02. Nilai resistansi ekonomi terendah terdapat di Kota Batu (0.88), sedangkan nilai resistansi ekonomi tertinggi terdapat di Kabupaten Sampang (0.96). Perekonomian Kota Batu bergantung terhadap sektor-sektor pariwisata seperti hotel, restoran, hiburan dan rekreasi. Kebijakan pembatasan sosial dan penurunan permintaan selama pandemi menyebabkan sebagian besar penyedia jasa pariwisata di Kota Batu menutup usahanya (BPS Kota Batu, 2021). Perekonomian Kabupaten Sampang ditopang oleh sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan. Meskipun perekonomian Kabupaten Sampang ikut berkontraksi akibat pandemi, namun penurunannya tidak sebesar kabupaten/kota lainnya di Jawa Timur karena ditolong oleh sektor Pertanian, Kehutanan dan Perikanan yang masih tumbuh positif (BPS Kabupaten Sampang, 2021).

Gambar 5 menampilkan visualisasi matriks korelasi antar indikator kerentanan pandemi. Indikator perubahan mobilitas (MOB) memiliki korelasi negatif dengan jumlah kejadian (COVID) dan kematian COVID-19 (MORT). Kabupaten/kota yang memiliki jumlah kejadian dan kematian COVID-19 lebih tinggi cenderung melaksanakan pembatasan sosial yang lebih ketat, sehingga mobilitas penduduknya menurun lebih tajam. Jumlah kejadian dan jumlah kematian COVID-19 memiliki korelasi yang sangat erat, yaitu sebesar 0.98.



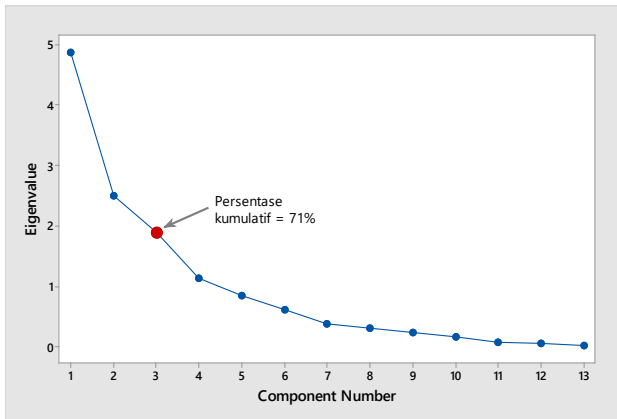
Gambar 5: Matriks Korelasi Antar Indikator Kerentanan Pandemi

Kepadatan penduduk (DENS) memiliki korelasi positif dengan jumlah kejadian dan kematian COVID-19, serta memiliki korelasi negatif dengan perubahan mobilitas. Kabupaten/kota yang lebih padat penduduknya cenderung memiliki jumlah kejadian dan kematian COVID-19 yang lebih tinggi. Asosiasi positif tersebut juga ditemukan pada studi-studi sebelumnya, seperti Nakada & Urban (2021) dan Yin dkk. (2021). Kepadatan penduduk juga berkorelasi positif dengan tingkat polusi udara, yang dicerminkan oleh kadar nitrogen dioksida (NO2). Konsentrasi spasial yang lebih tinggi berimplikasi pada konsentrasi polutan yang lebih tinggi pula (Carozzi & Roth, 2020). Selanjutnya, polusi udara juga memiliki hubungan positif dengan jumlah kejadian dan kematian COVID-19. Penduduk yang terpapar polusi udara dalam jangka panjang cenderung lebih rentan terhadap penyakit pernapasan, termasuk COVID-19 (Zheng dkk., 2021). Jumlah kejadian dan kematian COVID-19 memiliki korelasi positif yang cukup signifikan dengan prevalensi diabetes (DIAB), lalu prevalensi diabetes memiliki korelasi yang signifikan dengan prevalensi hipertensi (HYPER).

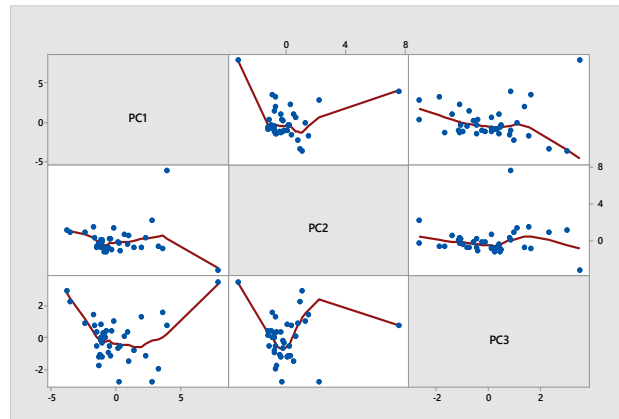
Spesialisasi industri (SPEC) memiliki korelasi negatif dengan diversifikasi industri (DIV). Hal ini tidak mengejutkan karena kabupaten/kota yang lapangan usahanya lebih terspesialisasi memiliki keragaman industri yang lebih kecil. Di sisi lain, kontribusi sektor sekunder dan tersier (STR) memiliki korelasi yang erat dengan kepadatan penduduk. Kabupaten/kota yang lebih padat penduduk cenderung memiliki kontribusi sektor sekunder dan tersier yang lebih besar. Hal ini tidak terlepas dari hubungan antara kepadatan penduduk dan level ekonomi (ECO). Kabupaten/kota yang level ekonominya lebih tinggi cenderung memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi pula. Selanjutnya, kabupaten/kota yang level ekonominya lebih tinggi cenderung memiliki porsi sektor sekunder dan tersier yang lebih tinggi. Level ekonomi juga

berasosiasi dengan spesialisasi industri, keragaman industri, dan kapasitas sistem kesehatan yang dicerminkan oleh rasio tempat tidur rumah sakit (BED). Kabupaten/kota yang level ekonominya lebih tinggi cenderung memiliki spesialisasi industri yang lebih tinggi, keragaman industri yang lebih kecil, dan kapasitas sistem kesehatan yang lebih baik.

Analisis Komponen Utama (PCA)



Gambar 6: Scree Plot PCA



Gambar 7: Matriks Korelasi PCA

Gambar 6 menampilkan hasil *scree plot*, sebuah alat bantu visual untuk menentukan jumlah komponen utama yang digunakan. *Scree plot* menyajikan jumlah komponen utama pada sisi absis dan nilai *eigen* pada sisi ordinat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai *eigen* setelah komponen utama ketiga cenderung melandai dengan nilai *eigen* yang relatif kecil, sehingga jumlah komponen utama sebesar 3 sudah cukup untuk digunakan. Tiga komponen utama mampu menjelaskan sebesar 71% keragaman data asal. Gambar 7 menunjukkan bahwa ketiga komponen utama tidak saling berkorelasi.

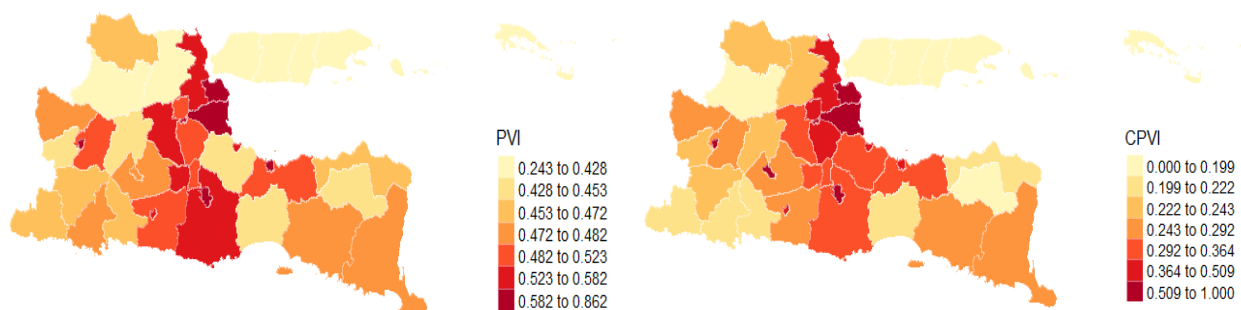
Tabel 5: Pola Komponen Utama

Label	Deskripsi	Komponen Utama			
		1	2	3	
MOB	Perubahan mobilitas penduduk	-0.761	0.164	0.248	0.668
COVID	Jumlah kasus COVID-19	0.658	-0.464	0.483	0.881
MORT	Jumlah kematian akibat COVID-19	0.666	-0.466	0.465	0.878
DENS	Kepadatan penduduk	0.828	0.079	-0.026	0.692
NO2	Kadar nitrogen dioksida	0.680	-0.175	0.406	0.658
DIAB	Prevalensi diabetes melitus	0.792	0.025	-0.115	0.642
HYPHER	Prevalensi hipertensi	0.448	-0.261	-0.464	0.484
BED	Rasio tempat tidur RS	0.318	0.777	-0.301	0.795
SPEC	Spesialisasi industri	0.011	0.682	0.338	0.580
DIV	Keragaman industri	-0.227	-0.671	-0.376	0.644
STR	Kontribusi sektor sekunder dan tersier	0.834	0.090	-0.257	0.770
ECO	PDRB per kapita	0.625	0.632	0.239	0.846
GR	<i>Gini Ratio</i>	0.452	0.032	-0.714	0.715
Nilai <i>eigen</i>		4.870	2.495	1.883	
Proporsi		0.375	0.192	0.145	
Proporsi kumulatif		0.375	0.567	0.711	

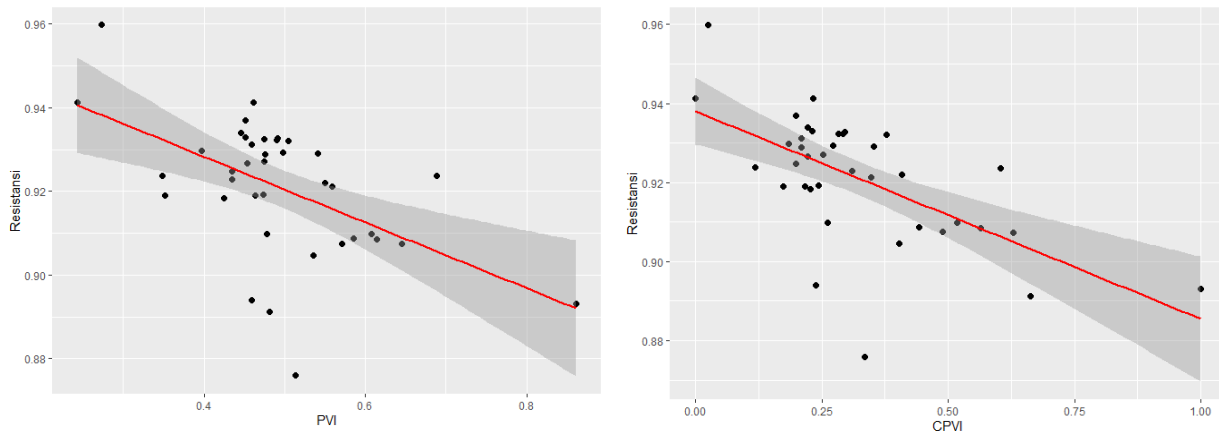
Koefisien korelasi antara ketiga komponen utama dengan variabel asal disajikan dalam Tabel 5. Komponen utama pertama memiliki korelasi yang erat dengan perubahan mobilitas penduduk, jumlah kasus COVID-19, jumlah kematian COVID-19, kepadatan penduduk, kadar nitrogen dioksida, prevalensi diabetes melitus, dan kontribusi sektor sekunder dan tersier. Perubahan mobilitas penduduk memiliki korelasi negatif dengan komponen utama pertama. Dengan kata lain, semakin besar penurunan mobilitas penduduk, semakin tinggi skor komponen utama pertama. Jumlah kasus COVID-19, jumlah kematian COVID-19, kepadatan penduduk, kadar nitrogen dioksida dan prevalensi diabetes melitus merupakan indikator-indikator yang mencerminkan tingkat keparahan COVID-19 dan determinannya. [Nakada & Urban, 2021](#); [Ogen, 2020](#); [Djharuddin dkk., 2021](#)). Indikator-indikator tersebut memiliki korelasi positif dengan komponen utama pertama. Peningkatan indikator-indikator tersebut berdampak pada peningkatan skor komponen utama pertama. Selanjutnya, kontribusi sektor sekunder dan tersier memiliki korelasi positif dengan komponen utama pertama. Semakin tinggi kontribusi sektor sekunder dan tersier, semakin tinggi skor komponen utama pertama. Kontribusi sektor sekunder dan tersier mencerminkan kerentanan terhadap dampak ekonomi pandemi. [Gong dkk., 2020](#); [Hu dkk., 2022](#)). Dengan demikian, komponen utama pertama mencerminkan indikator-indikator utama (*core indicators*) kerentanan pandemi, baik dari sisi kesehatan, socio-demografi, ekonomi maupun lingkungan (*core pandemic vulnerability*).

Komponen utama kedua memiliki korelasi yang erat dengan rasio tempat tidur RS, spesialisasi industri, keragaman industri, dan PDRB per kapita. Rasio tempat tidur RS mencerminkan kapasitas sistem kesehatan. Semakin tinggi rasio tempat tidur RS, semakin tinggi skor komponen utama kedua. Spesialisasi industri dan keragaman industri mencerminkan diversifikasi industri. Semakin tinggi spesialisasi industri, semakin tinggi skor komponen utama kedua. Sebaliknya, semakin tinggi keragaman industri, semakin rendah skor komponen utama kedua. Sedangkan, PDRB per kapita mencerminkan level ekonomi suatu daerah. Semakin tinggi PDRB per kapita, semakin tinggi skor komponen utama kedua. Dengan demikian, komponen utama kedua mencerminkan kapasitas ekonomi, kapasitas sistem kesehatan, dan derajat spesialisasi industri (*capacity and specialization*).

Komponen utama ketiga memiliki korelasi yang erat dengan *Gini Ratio*. Angka *Gini Ratio* mencerminkan tingkat ketimpangan pendapatan. Koefisien korelasi antara komponen utama ketiga dan *Gini Ratio* bernilai negatif, sehingga semakin tinggi *Gini Ratio*, semakin rendah skor komponen utama ketiga. Dengan demikian, komponen utama ketiga mencerminkan tingkat pemerataan pendapatan (*income equality*).



Gambar 8: Distribusi Spasial PVI dan CPVI



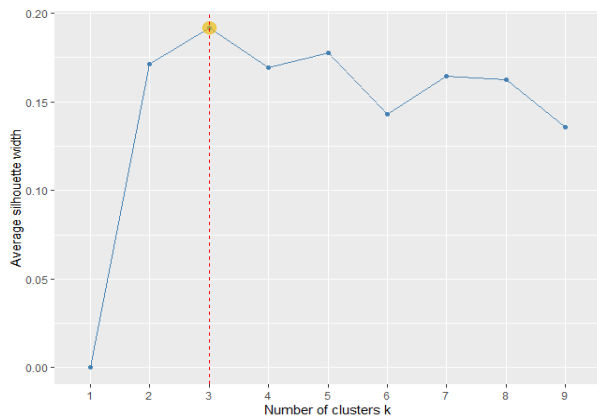
Gambar 9: Hubungan antara PVI dan CPVI dengan Resistansi Ekonomi

Skor yang dihasilkan oleh masing-masing komponen utama dinormalisasi untuk menghasilkan subindeks berdasarkan formula (8). Selanjutnya, masing-masing subindeks dikombinasikan menggunakan rata-rata tertimbang untuk menghasilkan indeks komposit kerentanan pandemi (*Pandemic Vulnerability Index/PVI*) seperti pada formula (9). Pembobotan diberikan berdasarkan nilai *eigen* masing-masing komponen utama. Dengan demikian, komponen utama pertama akan mendapatkan bobot paling besar, sedangkan komponen utama ketiga akan mendapatkan bobot paling kecil. Dengan kata lain, indeks kerentanan pandemi (PVI) sangat ditentukan oleh komponen utama pertama yang memuat indikator utama kerentanan pandemi (*core pandemic vulnerability indicators/CPVI*).

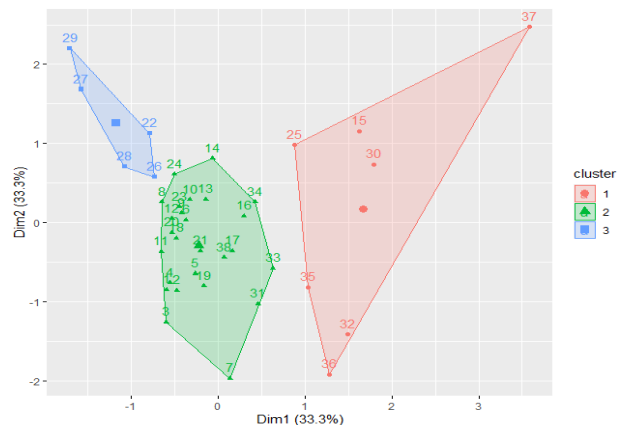
Gambar 8 menyajikan distribusi spasial dari PVI dan CPVI yang telah dinormalisasi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa distribusi spasial dari PVI dan CPVI tidak jauh berbeda. Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, Kota Mojokerto dan Kota Malang cenderung memiliki kerentanan pandemi yang tinggi. Sedangkan, seluruh kabupaten/kota di Pulau Madura cenderung memiliki kerentanan pandemi yang rendah. Hubungan antara PVI dan resistansi ekonomi serta hubungan antara CPVI dan resistansi ekonomi juga menunjukkan pola yang serupa (lihat. Gambar 9). Keduanya (PVI dan CPVI) memiliki asosiasi yang negatif dengan resistansi ekonomi. Kabupaten/kota yang memiliki kerentanan pandemi yang tinggi cenderung memiliki resistansi ekonomi yang rendah, begitu pula sebaliknya. Hasil ini sejalan dengan temuan [Asongu dkk. \(2021\)](#) dan [Diop dkk. \(2021\)](#) yang menggambarkan bahwa terdapat hubungan negatif antara resiliensi ekonomi dengan kerentanan kesehatan dan kerentanan ekonomi.

Analisis Klaster

Gambar 10 menampilkan hasil *silhouette plot*, yang berguna untuk menentukan jumlah klaster yang akan digunakan. Sisi absis dari *silhouette plot* menggambarkan jumlah klaster, sedangkan sisi ordinatnya menggambarkan rata-rata lebar *silhouette*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa rata-rata lebar *silhouette* maksimum diperoleh ketika jumlah klaster adalah 3. Gambar 11 menunjukkan bahwa 3 klaster yang terbentuk sudah terpisah dengan cukup baik. Hasil pengelompokan pada Gambar 11 merupakan yang terbaik karena memiliki *Total Within-Cluster Variation* (TWCV) terkecil dari berbagai kemungkinan hasil *K-Means*. Nilai TWCV untuk berbagai kemungkinan hasil *K-Means* disajikan pada Lampiran 1.



Gambar 10: Silhouette Plot



Gambar 11: Cluster Plot

Daftar anggota dari masing-masing kluster diberikan dalam Tabel 6. Kluster 1 terdiri atas 7 kabupaten/kota, dimana 4 kabupaten/kota terletak berdekatan (Kota Surabaya, Kabupaten Gresik, Kabupaten Sidoarjo, dan Kota Mojokerto). Kluster 2 memiliki anggota paling banyak, yaitu 26 kabupaten/kota. Sedangkan, kluster 3 terdiri atas 5 kabupaten/kota. Seluruh kabupaten di Pulau Madura (Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Sampang, Kabupaten Pamekasan, dan Kabupaten Sumenep) berada pada kluster 3.

Tabel 7 menyajikan karakteristik dari masing-masing kluster. Label ‘Tinggi’, ‘Moderat’ atau ‘Rendah’ diberikan berdasarkan nilai relatif rata-rata indikator yang bersesuaian. Nilai rata-rata indikator untuk setiap kluster disajikan dalam Lampiran 2. Hasil yang diperoleh cukup konsisten, kecuali untuk indikator rasio tempat tidur RS, spesialisasi industri dan keragaman industri. Kluster 1 memiliki nilai relatif tinggi untuk indikator penurunan mobilitas, jumlah kasus COVID-19, jumlah kematian COVID-19, kepadatan penduduk, kadar nitrogen dioksida, prevalensi diabetes melitus, prevalensi hipertensi, kontribusi sektor sekunder dan tersier, PDRB per kapita, dan *Gini Ratio*. Dengan demikian, kluster 1 merupakan kelompok kabupaten/kota yang paling rentan terhadap pandemi. Kluster 2 memiliki nilai relatif moderat untuk indikator penurunan mobilitas, jumlah kasus COVID-19, jumlah kematian COVID-19, kepadatan penduduk, kadar nitrogen dioksida, prevalensi diabetes melitus, prevalensi hipertensi, kontribusi sektor sekunder dan tersier, PDRB per kapita, dan *Gini Ratio*. Dengan demikian, kluster 2 merupakan kelompok kabupaten/kota yang memiliki kerentanan pandemi moderat. Kluster 3 memiliki nilai relatif rendah untuk indikator penurunan mobilitas, jumlah kasus COVID-19, jumlah kematian COVID-19, kepadatan penduduk, kadar nitrogen dioksida, prevalensi diabetes melitus, prevalensi hipertensi, kontribusi sektor sekunder dan tersier, PDRB per kapita, dan *Gini Ratio*. Dengan demikian, kluster 3 merupakan kelompok kabupaten/kota yang memiliki kerentanan pandemi relatif rendah.

Tabel 6: Hasil Analisis Kluster

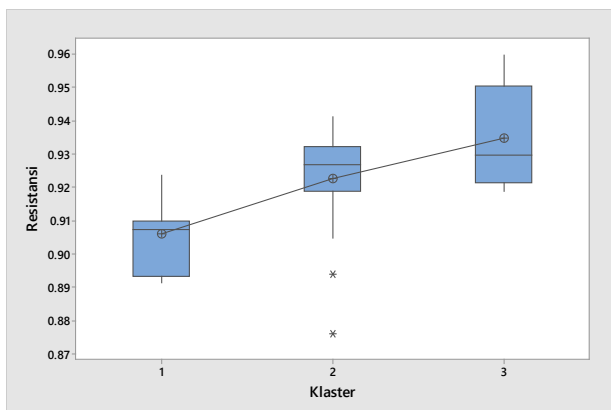
Kluster	Jumlah anggota kluster	Kabupaten/Kota
1	7	Kab. Sidoarjo, Kab. Gresik, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Surabaya
2	26	Kab. Pacitan, Kab. Ponorogo, Kab. Trenggalek, Kab. Tulungagung, Kab. Blitar, Kab. Kediri, Kab. Malang, Kab. Lumajang, Kab. Jember, Kab. Banyuwangi, Kab. Bondowoso, Kab. Situbondo, Kab. Probolinggo, Kab. Pasuruan, Kab. Mojokerto, Kab. Jombang, Kab. Nganjuk, Kab. Madiun, Kab. Magetan, Kab. Ngawi, Kab. Tuban, Kab. Lamongan, Kota Blitar, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Batu
3	5	Kab. Bojonegoro, Kab. Bangkalan, Kab. Sampang, Kab. Pamekasan, Kab. Sumenep

Tabel 7: Karakteristik Masing-masing Klaster

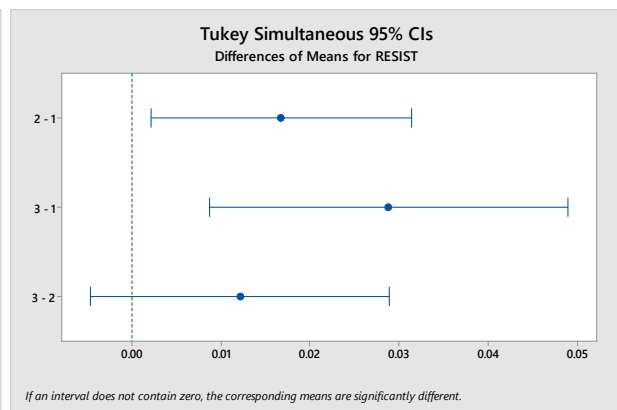
Indikator	Keterangan	Klaster		
		1	2	3
MOB	Penurunan mobilitas penduduk	Tinggi	Moderat	Rendah
COVID	Jumlah kasus COVID-19	Tinggi	Moderat	Rendah
MORT	Jumlah kematian akibat COVID-19	Tinggi	Moderat	Rendah
DENS	Kepadatan penduduk	Tinggi	Moderat	Rendah
NO2	Kadar nitrogen dioksida	Tinggi	Moderat	Rendah
DIAB	Prevalensi diabetes melitus	Tinggi	Moderat	Rendah
HYPERT	Prevalensi hipertensi	Tinggi	Moderat	Rendah
BED	Rasio tempat tidur RS	Tinggi	Rendah	Moderat
SPEC	Spesialisasi industri	Moderat	Rendah	Tinggi
DIV	Keragaman industri	Rendah	Tinggi	Moderat
STR	Kontribusi sektor sekunder dan tersier	Tinggi	Moderat	Rendah
ECO	PDRB per kapita	Tinggi	Moderat	Rendah
GR	<i>Gini Ratio</i>	Tinggi	Moderat	Rendah

Analisis Keragaman (ANOVA)

Asosiasi antara klaster dan resistansi ekonomi dapat digambarkan melalui diagram kotak-garis pada Gambar 12. Klaster 1 sebagai kelompok kabupaten/kota yang paling rentan terhadap pandemi memiliki nilai resistansi ekonomi yang relatif rendah. Klaster 2 sebagai kelompok kabupaten/kota yang memiliki kerentanan pandemi moderat juga memiliki nilai resistansi ekonomi yang moderat. Klaster 3 sebagai kelompok kabupaten/kota yang memiliki kerentanan pandemi relatif rendah memiliki nilai resistansi yang relatif tinggi. Perbedaan nilai resistansi antara ketiga klaster signifikan secara statistik, seperti yang ditunjukkan oleh hasil uji ANOVA pada Tabel 8. Signifikansi (nilai-p) yang dihasilkan adalah sebesar 0.004 (lebih kecil daripada taraf nyata 5%), sehingga disimpulkan bahwa terdapat asosiasi antara klaster dan resistansi ekonomi. Dengan kata lain, minimal ada satu pasangan klaster yang memiliki perbedaan resistansi signifikan. Hasil uji perbandingan berpasangan Tukey (Gambar 13) menunjukkan bahwa terdapat dua pasangan klaster yang memiliki perbedaan resistansi signifikan, yaitu pasangan klaster 1 dan 2 serta pasangan klaster 1 dan 3. Hal ini ditunjukkan oleh selang kepercayaan 95% yang tidak memuat nilai 0. Sedangkan, klaster 2 dan klaster 3 tidak menunjukkan perbedaan resistansi yang signifikan karena selang kepercayaannya memuat nilai 0. Hasil pengujian asumsi ANOVA diberikan pada Lampiran 3.



Gambar 12: Diagram Kotak-Garis Nilai Resistansi per Klaster



Gambar 13: Uji Perbandingan Berpasangan Tukey

Tabel 8: Hasil Analisis Keragaman (ANOVA)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai-F	Nilai-p
Klaster	2	0.0026	0.0013	6.58	0.004
Galat	35	0.0069	0.0002		
Total	37	0.0095			

Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat asosiasi negatif antara kerentanan pandemi dan resistansi ekonomi lokal di Jawa Timur. Semakin tinggi kerentanan pandemi, semakin rendah resistansi ekonomi suatu kabupaten/kota. Ada 7 kabupaten/kota yang teridentifikasi paling rentan terhadap dampak negatif pandemi COVID-19, yaitu Kota Surabaya, Kabupaten Gresik, Kabupaten Sidoarjo, Kota Mojokerto, Kota Kediri, Kota Malang dan Kota Madiun. Indikator utama (*core indicators*) yang menyebabkan kabupaten/kota tersebut rentan adalah jumlah kejadian dan kematian COVID-19, kepadatan penduduk, tingkat polusi udara, penurunan mobilitas, prevalensi komorbid (khususnya diabetes melitus), dan kontribusi sektor sekunder dan tersier. Resistansi ekonomi pada gilirannya berdampak pada pertumbuhan ekonomi. Namun, perlu kehati-hatian untuk Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Bangkalan. Kedua kabupaten tersebut memiliki porsi yang dominan pada sektor Pertambangan dan Penggalian. Pertumbuhan ekonomi kedua kabupaten tersebut secara dominan dipengaruhi oleh faktor lain seperti produksi migas, kondisi ekonomi global dan harga komoditas internasional.

Saran dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat beberapa saran dan rekomendasi yang dapat diberikan, yaitu sebagai berikut:

1. Dalam rangka mencapai resistansi ekonomi yang kuat, setiap kabupaten/kota di Jawa Timur perlu mengidentifikasi dan mengurangi tingkat kerentanannya berdasarkan Indeks Kerentanan Pandemi. Kabupaten/kota yang masuk dalam kategori paling rentan terhadap pandemi, seperti Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Mojokerto dan Kota Madiun menjadi prioritas utama untuk pengurangan kerentanan pandemi.
2. Usaha pengurangan kerentanan pandemi dapat dilakukan melalui berbagai cara, misalnya melalui peningkatan kapasitas sistem kesehatan, peningkatan pola hidup sehat di masyarakat, peningkatan investasi di industri hijau (*green industry*) yang rendah polusi, dan diversifikasi industri. Diversifikasi industri misalnya difokuskan pada kabupaten/kota yang spesialisasi industrinya terlalu tinggi sehingga tidak terlalu bergantung pada satu sektor ekonomi. Dengan demikian, perekonomian regional memiliki fleksibilitas untuk membagi risiko ketika terjadi *shock* ekonomi.

Daftar Pustaka

- Acharya, R., & Porwal, A. (2020). A vulnerability index for the management of and response to the COVID-19 epidemic in India: An ecological study. *The Lancet Global Health*, 8(9), e1142–e1151. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30300-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30300-4)
- Asongu, S. A., Diop, S., & Nnanna, J. (2021). Health Vulnerability Versus Economic Resilience to the COVID-19 Pandemic: Global Evidence. *World Affairs*, 184(4), 472–500. <https://doi.org/10.1177/00438200211052045>
- Bajgain, K. T., Badal, S., Bajgain, B. B., & Santana, M. J. (2021). Prevalence of comorbidities

- among individuals with COVID-19: A rapid review of current literature. *American Journal of Infection Control*, 49(2), 238–246. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.06.213>
- BPS. (2021). *Laporan Perekonomian Indonesia 2021*. BPS.
- BPS Jawa Timur. (2021). *Berita Resmi Statistik: Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur Triwulan I-2021*. BPS Jawa Timur.
- BPS Jawa Timur. (2022). *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2022*. BPS Jawa Timur.
- BPS Kabupaten Bangkalan. (2021). *Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Bangkalan Menurut Lapangan Usaha 2016-2020*. BPS Kabupaten Bangkalan.
- BPS Kabupaten Bojonegoro. (2021). *Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Bojonegoro Menurut Lapangan Usaha 2016-2020*. BPS Kabupaten Bojonegoro.
- BPS Kabupaten Sampang. (2021). *Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Sampang Menurut Lapangan Usaha 2016-2020*. BPS Kabupaten Sampang.
- BPS Kota Batu. (2021). *Produk Domestik Regional Bruto Kota Batu Menurut Lapangan Usaha 2016-2020*. BPS Kota Batu.
- BPS Kota Kediri. (2021). *Produk Domestik Regional Bruto Kota Kediri Menurut Lapangan Usaha 2016-2020*. BPS Kota Kediri.
- Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N., & Vella, S. (2009). Economic Vulnerability and Resilience: Concepts and Measurements. *Oxford Development Studies*, 37(3), 229–247. <https://doi.org/10.1080/13600810903089893>
- Carozzi, F., & Roth, S. (2020). Dirty Density: Air Quality and the Density of American Cities. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3590889>
- Cellini, R., & Torrisci, G. (2014). Regional Resilience in Italy: A Very Long-Run Analysis. *Regional Studies*, 48(11), 1779–1796. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.861058>
- Chacon-Hurtado, D., Kumar, I., Gkritza, K., Fricker, J. D., & Beaulieu, L. J. (2020). The role of transportation accessibility in regional economic resilience. *Journal of Transport Geography*, 84, 102695. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102695>
- Copernicus. (2020). *Copernicus Open Access Hub*. <https://scihub.copernicus.eu/>
- Davies, S. (2011). Regional resilience in the 2008-2010 downturn: Comparative evidence from European countries. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 4(3), 369–382. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsr019>
- Diop, S., Asongu, S. A., & Nnanna, J. (2021). COVID-19 Economic Vulnerability and Resilience Indexes: Global Evidence. *International Social Science Journal*, 71(S1), 37–50. <https://doi.org/10.1111/issj.12276>
- Djaharuddin, I., Munawwarah, S., Nurulita, A., Ilyas, M., Tabri, N. A., & Lihawa, N. (2021). Comorbidities and mortality in COVID-19 patients. *Gaceta Sanitaria*, 35, S530–S532. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.085>
- Eskes, H., van Geffen, J., Sneep, M., Apituley, A., & Veefkind, J. P. (2019). *Sentinel-5 precursor/TROPOMI Level 2 Product User Manual Nitrogen dioxide*. Royal Netherlands Meteorological Institute.
- Faggian, A., Gemmiti, R., Jaquet, T., & Santini, I. (2018). Regional economic resilience: The experience of the Italian local labor systems. *The Annals of Regional Science*, 60(2),

393–410. <https://doi.org/10.1007/s00168-017-0822-9>

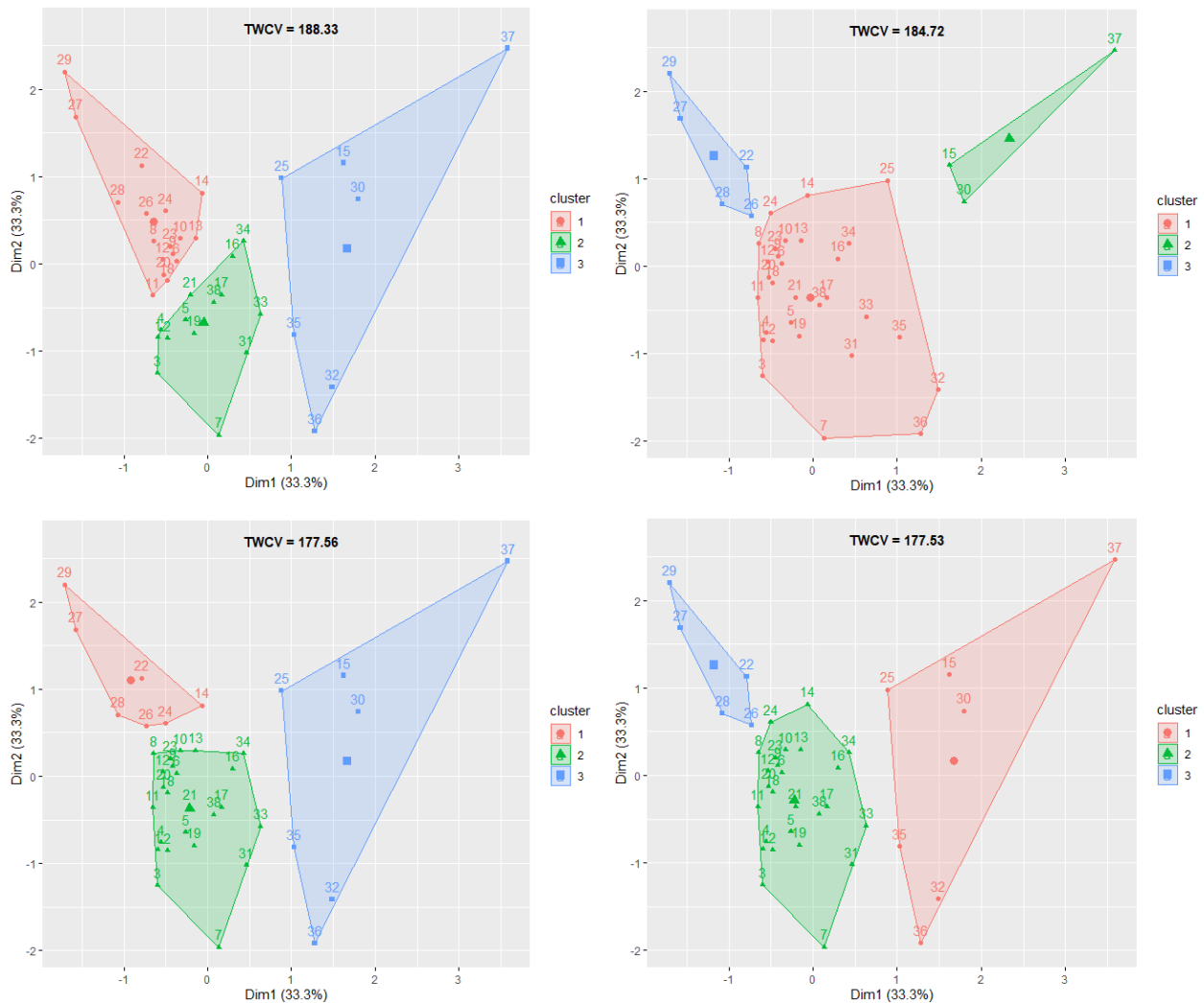
- Fingleton, B., Garretsen, H., & Martin, R. (2012). Recessionary Shocks and Regional Employment: Evidence on the Resilience of U.K. Regions. *Journal of Regional Science*, 52(1), 109–133. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00755.x>
- Foster, K. A. (2006). A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience. *Institute of Urban and Regional Development Working Paper 2008-04*.
- Gong, H., Hassink, R., Tan, J., & Huang, D. (2020). Regional Resilience in Times of a Pandemic Crisis: The Case of COVID-19 in China. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 111(3), 497–512. <https://doi.org/10.1111/tesg.12447>
- Halimatussadiyah, A., Widyasanti, A. A., Damayanti, A., Verico, K., Qibthiyah, R. M., Kurniawan, R., Rezki, J. F., Rahardi, F., Sholihah, N. K., & Budiantoro, S. (2020). *Thinking Ahead: Indonesia's Agenda on Sustainable Recovery from COVID-19 Pandemic*. LPEM FEB UI.
- Han, Y., & Goetz, S. J. (2015). The Economic Resilience of U.S. Counties during the Great Recession. *Review of Regional Studies*, 45(2). <https://doi.org/10.52324/001c.8059>
- Hill, E. W., Wial, H., & Wolman, H. (2008). Exploring Regional Economic Resilience. *Institute of Urban and Regional Development Working Paper 2008-04*.
- Hu, X., Li, L., & Dong, K. (2022). What matters for regional economic resilience amid COVID-19? Evidence from cities in Northeast China. *Cities*, 120, 103440. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103440>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (Fifth Edition). Pearson Education.
- Jolliffe, I. T. (1972). Discarding Variables in a Principal Component Analysis. I: Artificial Data. *Journal of the Royal Statistical Society*, 21(2), 160–173. <https://doi.org/10.2307/2346488>
- Kartal, M. T., Depren, Ö., & Kiliç Depren, S. (2021). The relationship between mobility and COVID-19 pandemic: Daily evidence from an emerging country by causality analysis. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100366. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100366>
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2005). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Wiley.
- Kemenkes. (2019). *Laporan Riskesdas 2018 Provinsi Jawa Timur*. Kemenkes.
- Kreston, N., & Wójcik, D. (2013). Resilience of US Metropolitan Areas to the 2007 Financial Crisis. *SSRN Paper No. 2296183*.
- Krugman, P. R. (1981). Intraindustry Specialization and the Gains from Trade. *Journal of Political Economy*, 89(5), 959–973.
- Manly, B. F. J. (2004). *Multivariate Statistical Methods: A Primer* (Third Edition). CRC Press.
- Martin, Ron. (2012). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*, 12(1), 1–32. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbr019>

- Martin, Ron. (2018). *Shocking Aspects of Regional Development: Towards an Economic Geography of Resilience*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxford-hb/9780198755609.013.43>
- Martin, Ron, & Sunley, P. (2015). On the Notion of Regional Economic Resilience: Conceptualisation and Explanation. *Journal of Economic Geography*, 14, 1–42.
- Martin, Ron, Sunley, P., Gardiner, B., & Tyler, P. (2016). How Regions React to Recessions: Resilience and the Role of Economic Structure. *Regional Studies*, 50(4), 561–585. <https://doi.org/10.1080/00343404.2015.1136410>
- Marvel, S. W., House, J. S., Wheeler, M., Song, K., Zhou, Y.-H., Wright, F. A., Chiu, W. A., Rusyn, I., Motsinger-Reif, A., & Reif, D. M. (2021). The COVID-19 Pandemic Vulnerability Index (PVI) Dashboard: Monitoring County-Level Vulnerability Using Visualization, Statistical Modeling, and Machine Learning. *Environmental Health Perspectives*, 129(1), 017701. <https://doi.org/10.1289/EHP8690>
- Montgomery, D. C. (2001). *Design and Analysis of Experiments* (Fifth Edition). John Wiley & Sons.
- Nakada, L. Y. K., & Urban, R. C. (2021). COVID-19 pandemic: Environmental and social factors influencing the spread of SARS-CoV-2 in São Paulo, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(30), 40322–40328. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10930-w>
- Ng, W. H., Tipih, T., Makoah, N. A., Vermeulen, J.-G., Goedhals, D., Sempa, J. B., Burt, F. J., Taylor, A., & Mahalingam, S. (2021). Comorbidities in SARS-CoV-2 Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *MBio*, 12(1), e03647-20. <https://doi.org/10.1128/mBio.03647-20>
- OCHA. (2020). *Movement Range Maps*. <https://data.humdata.org/dataset/movement-range-maps>
- Ogen, Y. (2020). Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Science of The Total Environment*, 726, 138605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>
- Östh, J., Reggiani, A., & Galiazzi, G. (2015). Spatial economic resilience and accessibility: A joint perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.07.007>
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. (2020). *Peta Sebaran Covid-19 Jatim*. <https://infocovid19.jatimprov.go.id/>
- Satuan Tugas Penanganan COVID-19. (2021). *Peta Sebaran Kasus Per Provinsi*. <https://covid19.go.id/>
- Travaglio, M., Yu, Y., Popovic, R., Selley, L., Leal, N. S., & Martins, L. M. (2021). Links between air pollution and COVID-19 in England. *Environmental Pollution*, 268, 115859. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115859>
- Yin, H., Sun, T., Yao, L., Jiao, Y., Ma, L., Lin, L., Graff, J. C., Aleya, L., Postlethwaite, A., Gu, W., & Chen, H. (2021). Association between population density and infection rate suggests the importance of social distancing and travel restriction in reducing the COVID-19 pandemic. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(30), 40424–40430. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12364-4>

- Zheng, P., Chen, Z., Liu, Y., Song, H., Wu, C.-H., Li, B., Kraemer, M. U. G., Tian, H., Yan, X., Zheng, Y., Stenseth, N. Chr., & Jia, G. (2021). Association between coronavirus disease 2019 (COVID-19) and long-term exposure to air pollution: Evidence from the first epidemic wave in China. *Environmental Pollution*, 276, 116682. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116682>
- Zulkarnain, R., & Ramadani, K. D. (2021). Kualitas Udara dan Potensi Transmisi COVID-19 di Pulau Jawa. *Seminar Nasional Official Statistics, 2020(1)*, 23–33. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.398>

Lampiran

Lampiran 1. Cluster Plot untuk Berbagai Hasil K-Means Beserta Nilai Total Within-Cluster Variation (TWCV)



Lampiran 2. Rata-rata Nilai Indikator menurut Jenis Indikator dan Klaster

Indikator	Keterangan	Klaster		
		1	2	3
MOB	Perubahan mobilitas penduduk	-0.15	-0.11	-0.07
COVID	Jumlah kasus COVID-19	5165	1661	956
MORT	Jumlah kematian akibat COVID-19	365	112	70
DENS	Kepadatan penduduk	5032	1299	815
NO2	Kadar nitrogen dioksida	4.26	3.28	3.19
DIAB	Prevalensi diabetes melitus	3.34	1.93	1.16
HYPERS	Prevalensi hipertensi	8.66	8.22	5.84
BED	Rasio tempat tidur RS	1.16	0.59	0.66
SPEC	Spesialisasi industri	0.63	0.51	0.78
DIV	Keragaman industri	0.81	0.92	0.88

Indikator	Keterangan	Klaster		
		1	2	3
STR	Kontribusi sektor sekunder dan tersier	97.39	74.33	51.99
ECO	PDRB per kapita	0.15	0.04	0.03
GR	<i>Gini Ratio</i>	0.35	0.33	0.29

Lampiran 3. Uji Asumsi ANOVA

