

**PEMODELAN PERGERAKAN MANUSIA DALAM PENYEBARAN  
COVID-19 MENGGUNAKAN ALGORITME MODIFIKASI GRAPH  
PAGERANK (STUDI KASUS: PROVINSI JAWA TIMUR)**

**KOMANG ELANG SURYA PRAWIRA**



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**

---



## **PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pemodelan Pergerakan Manusia dalam Penyebaran Covid-19 Menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2021

Komang Elang Surya Prawira  
G64170098

## ABSTRAK

KOMANG ELANG SURYA PRAWIRA. Pemodelan Pergerakan Manusia dalam Penyebaran Covid-19 Menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur). Dibimbing oleh YENI HERDIYENI dan MEDRIA KUSUMA DEWI HARDHIENATA.

Covid-19 merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh SARS-CoV-2. Pada 1 Mei 2021, Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan tingkat penyebaran dan kematian Covid-19 paling tinggi di Indonesia. Penelitian ini akan memodelkan pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan 22 variabel demografi, sosial, dan ekonomi untuk menggambarkan aktivitas manusia dan karakteristik wilayah. Algoritme Modifikasi Graph PageRank akan menghitung nilai PageRank untuk setiap variabel dengan nilai koefisien yang menunjukkan besaran pengaruh dari masing-masing variabel (dilambangkan dengan  $\beta$ ). Penelitian ini menunjukkan bahwa variabel produk domestik regional bruto, jumlah penduduk laki-laki, tingkat pengangguran, jumlah kejahatan, kepadatan penduduk, dan angka melek huruf memberikan pengaruh terhadap pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,867.

Kata kunci: Covid-19, Jawa Timur, Modifikasi Graph PageRank, Pergerakan Manusia

## ABSTRACT

KOMANG ELANG SURYA PRAWIRA. Modeling Human Movement in the Spread of Covid-19 Using the Modified Graph PageRank Algorithm (Case Study: East Java Province). Supervised by YENI HERDIYENI and MEDRIA KUSUMA DEWI HARDHIENATA.

*Covid-19 is an infectious disease caused by SARS-CoV-2. As of May 1<sup>st</sup>, 2021, East Java Province is one of the provinces with the highest spread and mortality rates of Covid-19 in Indonesia. This study will model human movement in the spread of the Covid-19 in East Java Province by using 22 demographic, social, and economic variables to describe human activities and regional characteristics. The Modified Graph PageRank Algorithm will calculate the PageRank score for each variable with a coefficient value that indicates the magnitude of the influence of each variable (denoted as  $\beta$ ). This study shows that gross regional domestic product, male population, unemployment rate, crime rate, population density, and literacy rate variables have an influence on human movement in the spread of Covid-19 in East Java Province with a correlation coefficient of 0.867.*

*Keywords: Covid-19, East Java, Human Movement, Modified Graph PageRank*

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

**PEMODELAN PERGERAKAN MANUSIA DALAM PENYEBARAN  
COVID-19 MENGGUNAKAN ALGORITME MODIFIKASI GRAPH  
PAGERANK (STUDI KASUS: PROVINSI JAWA TIMUR)**

**KOMANG ELANG SURYA PRAWIRA**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**

---

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1 Dr.Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom.





Judul Skripsi : Pemodelan Pergerakan Manusia dalam Penyebaran Covid-19  
Menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank (Studi  
Kasus: Provinsi Jawa Timur)

Nama : Komang Elang Surya Prawira

NIM : G64170098

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom.

---

Pembimbing 2:

Dr. Medria K. D. Hardhienata, S.Komp.

---

Diketahui oleh

Ketua Departemen Ilmu Komputer:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.

NIP 19810809 200812 1 002

---

Tanggal Ujian:

29 Juni 2021

Tanggal Lulus:

## **PRAKATA**

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2020 sampai bulan Juni 2021 ini ialah pemodelan komputasional, dengan judul “Pemodelan Pergerakan Manusia dalam Penyebaran Covid-19 Menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom. dan Dr. Medria Kusuma Dewi Hardhienata, S.Komp. yang telah membimbing dan banyak memberi saran selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Auriza Rahmad Akbar, S.Komp., M.Kom. selaku pembimbing akademik, dan Dr.Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom. selaku moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih tak lupa disampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Drs. Ketut Mangku dan Ibu Ni Ketut Arniti, S.E., serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Program Studi S-1 Ilmu Komputer IPB Angkatan 2017, Kesatuan Mahasiswa Hindu Dharma (KMHD) IPB, OMDA Bali, dan Himpunan Mahasiswa Ilmu Komputer (Himalkom) yang telah mengiringi langkah penulis selama menempuh studi di Institut Pertanian Bogor.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2021

*Komang Elang Surya Prawira*

# DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Covid-19	5
2.2 Covid-19 di Provinsi Jawa Timur	5
2.3 Pengaruh Variabel Demografi, Sosial, dan Ekonomi dalam Penyebaran Covid-19	6
2.4 Algoritme PageRank	6
III METODE	9
3.1 Tahapan Penelitian	9
3.2 Data Penelitian	9
3.3 Akuisisi Data	10
3.4 Pembentukan Matriks <i>Origin-Destination</i> (OD)	11
3.5 Praproses Data	11
3.6 Seleksi Fitur	11
3.7 Analisis Regresi	12
3.8 Pemodelan	12
3.9 Pembentukan Graf	12
3.10 Evaluasi Model	13
3.11 Implementasi Sistem	13
3.12 Lingkungan Pengembangan	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Akuisisi Data	15
4.2 Pembentukan Matriks <i>Origin-Destination</i> (OD)	18
4.3 Praproses Data	19
4.4 Seleksi Fitur	20
4.5 Analisis Regresi	21
4.6 Pemodelan	22
4.7 Pembentukan Graf	23
4.8 Evaluasi Model	24
4.9 Implementasi Sistem	30
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33

LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	40

## DAFTAR TABEL

3.1	Data penelitian	10
4.1	Data demografi, sosial, dan ekonomi	15
4.2	Ilustrasi pembentukan matriks <i>origin-destination</i> (OD)	19
4.3	Nilai kepentingan masing-masing variabel	20
4.4	Koefisien regresi masing-masing variabel terpilih	21
4.5	Tabel nilai variabel dan koefisien $\beta$ untuk Kabupaten Gresik, Kota Surabaya, dan Kabupaten Sidoarjo	26
4.6	Tabel nilai variabel dan koefisien $\beta$ untuk Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Pasuruan, dan Kabupaten Malang	27
4.7	Tabel nilai variabel dan koefisien $\beta$ untuk Kabupaten Jombang, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Jember	28
4.8	Tabel nilai variabel dan koefisien $\beta$ untuk Kabupaten Kediri dan Kota Kediri	29
4.9	Tabel nilai variabel dan koefisien $\beta$ untuk Kabupaten Malang dan Kota Malang	29

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Ilustrasi dari <i>forward link</i> dan <i>backlink</i>	6
2.2	Ilustrasi pengaruh kepentingan halaman web	7
3.1	Diagram alir penelitian	9
3.2	Pembagian data penelitian	10
4.1	Potongan data demografi, sosial, dan ekonomi di Provinsi Jawa Timur	17
4.2	Ilustrasi data batas wilayah di Provinsi Jawa Timur	17
4.3	Potongan data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur	18
4.4	Ilustrasi pembentukan matriks <i>origin-destination</i> (OD)	19
4.5	Sebaran nilai PageRank	23
4.6	Potongan pembentukan graf	23
4.7	Sebaran jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 terhadap nilai PageRank	26
4.8	Tampilan antarmuka aplikasi untuk Form Perhitungan dan Simulasi	30
4.9	Tampilan antarmuka aplikasi untuk Hasil Perhitungan dan Simulasi	30
4.10	Tampilan antarmuka aplikasi untuk Visualisasi Graf	31

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 menurut wilayah per 20 Februari 2021 di Provinsi Jawa Timur	37
---	---	----

2	Nilai PageRank menurut wilayah di Provinsi Jawa Timur	38
3	Pembentukan graf di Provinsi Jawa Timur	39



# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Covid-19 atau *Coronavirus Disease* 2019 pertama kali dilaporkan oleh Tiongkok kepada WHO (*World Health Organization*), Organisasi Kesehatan Dunia, pada 31 Desember 2019 sebagai kasus pneumonia dengan sebab yang tidak diketahui (Kumar *et al.* 2020; Gennaro *et al.* 2020). Beberapa minggu berikutnya, kasus pneumonia tersebut berhasil diidentifikasi dan dikenal dengan nama Covid-19 yang disebabkan oleh SARS-CoV-2 (Gennaro *et al.* 2020). Pada 22 Juni 2021, Indonesia melaporkan lebih dari 20 ribu kasus aktif baru dengan jumlah kasus terkonfirmasi kumulatif mencapai 2 juta kasus dan 55 ribu jumlah kasus meninggal (KEMKES 2021). Salah satu provinsi dengan tingkat penyebaran dan kematian yang masih tinggi adalah Provinsi Jawa Timur. Provinsi Jawa Timur hingga 31 Desember 2020 merupakan provinsi dengan jumlah kasus terkonfirmasi tertinggi kedua nasional, setelah Provinsi DKI Jakarta. Namun, sejak 1 Januari 2021, Provinsi Jawa Barat dan Provinsi Jawa Tengah menunjukkan kecenderungan peningkatan kasus aktif baru yang lebih tinggi dibandingkan Provinsi Jawa Timur. Kendati demikian, jumlah kasus meninggal di Provinsi Jawa Timur masih menjadi yang tertinggi nasional. Hal tersebut mendasari pemilihan Provinsi Jawa Timur menjadi studi kasus pada penelitian ini.

Penyebaran Covid-19 penting dipelajari untuk dapat memahami mekanisme penyebaran penyakit menular dan mampu meminimalkan tingkat penyebarannya. Penyebaran penyakit menular dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan karakteristik wilayah. Pemodelan penyebaran penyakit menular sudah dilakukan sejak pandemi H1N1 di tahun 2009. Pemodelan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas manusia, seperti pergerakan manusia memberikan pengaruh terhadap penyebaran penyakit menular (Meloni *et al.* 2011). Ketika manusia bergerak dari satu wilayah ke wilayah lainnya, mereka akan membawa penyakit menular tersebut bersamanya (Jayson *et al.* 2020). Pergerakan manusia juga dipengaruhi oleh karakteristik wilayah asal dan tujuannya. Spandon *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pergerakan manusia terjadi ke wilayah dengan produk domestik bruto, luas wilayah, dan tingkat pengangguran yang lebih tinggi dan ke wilayah dengan kepadatan penduduk dan jumlah penduduk lanjut usia yang lebih rendah. Penyebaran penyakit menular juga dipengaruhi secara langsung oleh karakteristik demografi, sosial, dan ekonomi di setiap wilayah. Kepadatan penduduk menunjukkan hubungan dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur (Fitriani dan Jaya 2020). Karakteristik lain, seperti jumlah penduduk lanjut usia dan jumlah fasilitas kesehatan juga menunjukkan hubungan dengan penyebaran Covid-19 di wilayah Italia Utara (Buja *et al.* 2020).

Pergerakan manusia merupakan komponen penting dalam pemodelan penyebaran spasial penyakit menular (Tizzoni *et al.* 2014). Pergerakan manusia dapat disederhanakan dalam bentuk *node* dan *edge* dalam teori graf. Teori graf digunakan untuk bisa menggambarkan hubungan antarobjek geografis, seperti kabupaten atau kota. Meloni *et al.* (2011), Tizzoni *et al.* (2014), dan Spandon *et al.* (2019) melakukan penelitian dengan menganalogikan pergerakan manusia sebagai suatu *edge* yang menghubungkan 2 *node* yang melambangkan 2 wilayah. Meloni *et al.* (2011) melakukan penelitian untuk memodelkan pergerakan manusia terhadap penyebaran penyakit menular berskala besar. Penelitian ini mengikutsertakan

variabel perilaku manusia sebagai variabel yang memberikan pengaruh terhadap penyebaran penyakit menular. Tizzoni *et al.* (2014) melakukan analisis pergerakan manusia untuk memodelkan epidemi. Penelitian ini membentuk model jejaring pergerakan manusia menggunakan tiga sumber data yang berbeda. Pertama adalah model dibentuk dari data hasil sensus, kedua adalah model dibentuk dari data hasil rekaman GPS pada ponsel cerdas, dan ketiga adalah model dibentuk dari hasil simulasi model radiasi. Spandon *et al.* (2019) melakukan penelitian untuk membentuk jejaring pergerakan manusia menggunakan beberapa algoritme *machine learning*. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah pergerakan manusia menggunakan 22 variabel indikator perkotaan. Penelitian ini memberikan hasil bahwa variabel jarak, produk domestik bruto, dan tingkat pengangguran ikut berperan penting dalam memengaruhi jumlah pergerakan manusia antarwilayah. Selain itu, Kang *et al.* (2020) melakukan penelitian untuk menemukan asosiasi spasial terkait penyebaran Covid-19 di Tiongkok. Penelitian ini menggunakan enam model untuk mendefinisikan ketetanggaan antarprovinsi dan memberikan hasil bahwa perbatasan, jarak, populasi, dan kepadatan penduduk antarprovinsi memiliki asosiasi spasial dengan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Pergerakan manusia yang dianalogikan sebagai suatu struktur graf memungkinkan pergerakan manusia juga bisa dianalisis selanjutnya analisis yang dilakukan pada struktur halaman web. Salah satu algoritme populer yang digunakan untuk menganalisis struktur halaman web adalah Algoritme PageRank.

Algoritme PageRank adalah algoritme yang mempertimbangkan *forward link* dan *backlink* dari suatu *node* pada suatu struktur halaman web untuk menganalisis dan memberikan peringkat terhadap suatu halaman web. Halaman web dengan peringkat yang tinggi mengindikasikan tingginya pengguna internet yang mengunjungi halaman web tersebut. Konsep serupa kemudian diterapkan pada struktur graf yang nantinya wilayah dengan peringkat yang tinggi mengindikasikan tingginya pergerakan manusia yang mengunjungi wilayah tersebut. Chin dan Wen (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan modifikasi dari Algoritme PageRank. Chin dan Wen memperkenalkan dua algoritme baru, yaitu Distance-Decay PageRank (DDPR) dan Geographically PageRank (GPR). Penelitian ini menunjukkan bahwa pergerakan manusia masih sangat berpengaruh terhadap jarak antarwilayah. Jing *et al.* (2018) melakukan pendeteksian jejaring komunitas dengan menggunakan Algoritme Modifikasi PageRank dan Model Blok Stokastik. Penelitian ini menggunakan Algoritme Modifikasi PageRank untuk menentukan *node* penting pada jejaring komunitas. Huang *et al.* (2019) melakukan penelitian terkait pergerakan manusia dalam sistem transportasi dua arah menggunakan Algoritme EpiRank yang merupakan modifikasi dari Algoritme PageRank. Penelitian ini menunjukkan bahwa pergerakan kembali manusia (*backward movement*) memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap penyebaran penyakit menular daripada pergerakan maju manusia (*forward movement*). Su *et al.* (2020) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi *node* penting dalam jejaring sosial. Su *et al.* menggunakan Algoritme PageRank dan berhasil membuktikan bahwa algoritme ini mampu bekerja lebih baik jika dibandingkan dengan Algoritme KeyRank dan Algoritme TIPR.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, penelitian yang menggunakan variabel demografi, sosial, dan ekonomi dalam melakukan pemodelan pergerakan manusia menggunakan Algoritme PageRank



masih sulit ditemukan. Penelitian terkait penyebaran Covid-19 di Indonesia dengan menggunakan jejaring spasial juga belum dapat ditemukan. Padahal, penelitian terkait pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Indonesia masih sangat penting dan mendesak untuk dilakukan. Selain itu, variabel demografi, sosial, dan ekonomi juga sangat penting diikutsertakan dalam melakukan pemodelan pergerakan manusia untuk melihat pola penyebaran Covid-19. Oleh sebab itu, penelitian ini akan menggunakan variabel demografi, sosial, dan ekonomi untuk menggambarkan aktivitas manusia dan karakteristik wilayah dalam kaitannya dengan pergerakan manusia dan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur. Algoritme PageRank dimodifikasi agar model dapat menangkap seluruh informasi variabel demografi, sosial, dan ekonomi untuk memodelkan arah pergerakan manusia antarwilayah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis merumuskan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan Algoritme Modifikasi Graph PageRank untuk memodelkan pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur?
2. Bagaimana pengaruh variabel demografi, sosial, dan ekonomi dalam pergerakan manusia dan kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur?
3. Bagaimana pengaruh variabel demografi, sosial, dan ekonomi dalam penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur?

## **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 dengan Algoritme Modifikasi Graph PageRank dan menentukan variabel yang paling memengaruhi pergerakan manusia antarwilayah dan penyebaran Covid-19 dalam suatu wilayah.

## **1.4 Manfaat**

Model yang dibentuk diharapkan mampu dimanfaatkan oleh pemerintah dan peneliti lain untuk memahami arus pergerakan manusia dari satu wilayah ke wilayah lainnya, maupun dalam satu wilayah dalam situasi pandemi Covid-19. Pemahaman yang baik terkait arus pergerakan manusia dalam penyebaran Covid-19 dapat membantu mengurangi penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan menggunakan data demografi, sosial, dan ekonomi di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2020.
2. Penelitian ini akan menggunakan data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur dari 18 Maret 2020 sampai 20 Februari 2021.
3. Penelitian ini akan menggunakan data perbatasan antarkabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur.
4. Implementasi Algoritma Modifikasi Graph PageRank akan menggunakan Bahasa Pemrograman Python.

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Covid-19

Covid-19 atau *Coronavirus Disease 2019* adalah penyakit yang disebabkan oleh tipe baru dari *coronavirus*, yaitu SARS-CoV-2 (Unhale *et al.* 2020). SARS-CoV-2 adalah keluarga dari famili *coronaviridae* dan ordo *nidovirales*. SARS-CoV-2 berada dalam famili yang sama dengan SARS-CoV yang muncul pertama kali di Tiongkok pada tahun 2012 dan MERS-CoV yang muncul pertama kali di Arab Saudi pada tahun 2002 (Sheeren *et al.* 2020). SARS-CoV-2 memiliki kemiripan sebesar 70% dengan SARS-CoV (Hadi *et al.* 2020; Singhal 2020) dan memiliki laju penyebaran yang lebih cepat dari SARS-CoV (Sheeren *et al.* 2020).

Covid-19 pertama kali diketahui oleh Tiongkok pada 31 Desember 2019 dan langsung dilaporkan kepada WHO (*World Health Organization*), Organisasi Kesehatan Dunia, sebagai kasus pneumonia dengan sebab yang tidak diketahui. Otoritas Tiongkok kemudian langsung menutup Pasar Makanan Laut Huanan, di Wuhan, Tiongkok pada 1 Januari 2020 yang diduga menjadi sumber penyebaran penyakit tersebut. Pada 7 Januari 2020, penyebab kasus pneumonia tersebut berhasil diidentifikasi dan diketahui berasal dari tipe baru *coronavirus*, yaitu SARS-CoV-2 (sebelumnya dikenal dengan 2019-nCoV) dan menyebabkan penyakit yang dikenal sebagai Covid-19 (Hadi *et al.* 2020).

Covid-19 menyebar dari manusia ke manusia melalui *droplets* yang berasal dari hidung dan tenggorokan individu yang sudah terinfeksi atau benda yang sudah terkontaminasi (Unhale *et al.* 2020; Jasper *et al.* 2020; Wiersinga *et al.* 2020; Shiqin *et al.* 2020). Selain itu, Covid-19 juga menular melalui aerosol (*droplets* yang masih ada di udara) di tempat tertentu, seperti fasilitas kesehatan (Wiersinga *et al.* 2020; Yuan *et al.* 2020). Tingkat penyebaran yang mengkhawatirkan membuat WHO memutuskan untuk memberikan status pandemi untuk Covid-19 sejak 11 Maret 2020 (Gennaro *et al.* 2020).

### 2.2 Covid-19 di Provinsi Jawa Timur

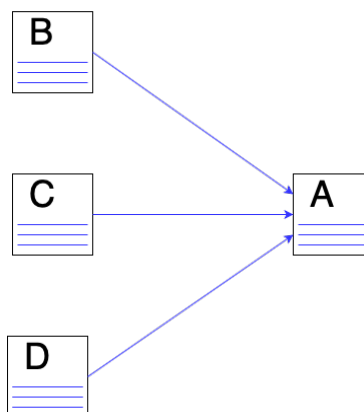
Kasus Covid-19 pertama di Provinsi Jawa Timur tercatat pada 17 Maret 2020 di Kota Surabaya (SUARA 2020). Penambahan kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur pernah menjadi penambahan kasus terkonfirmasi terbanyak dalam tingkat provinsi secara nasional pada 9 Mei 2020 (CNN 2020). Pada akhir Juni 2020, jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur mencapai posisi tertinggi secara nasional, lebih tinggi dari Provinsi DKI Jakarta (KOMPAS 2020). Data terakhir yang dilansir dari Situs KPCPEN pada 22 Juni 2021 menunjukkan Provinsi Jawa Timur berada di posisi keempat dengan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 terbanyak, setelah Provinsi DKI Jakarta, Provinsi Jawa Barat, dan Provinsi Jawa Tengah. Jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur mencapai 165013 kasus atau 8,2 persen dari jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 nasional. Sebagian besar wilayah di Provinsi Jawa Timur masuk ke dalam kategori status risiko sedang (PEM PROV JATIM 2021).

### 2.3 Pengaruh Variabel Demografi, Sosial, dan Ekonomi dalam Penyebaran Covid-19

Penyebaran Covid-19 dipengaruhi oleh faktor aktivitas manusia dan karakteristik wilayah. Ketika manusia yang sudah terinfeksi Covid-19 bergerak dari satu wilayah ke wilayah lainnya, mereka akan berpotensi menyebarkan Covid-19 ke orang di sekitarnya. Pergerakan manusia cenderung dipengaruhi oleh karakteristik wilayah asal dan juga wilayah yang menjadi tujuannya. Spandon *et al.* (2019) menunjukkan bahwa manusia cenderung bergerak ke wilayah dengan produk domestik bruto, luas wilayah, dan tingkat pengangguran yang lebih tinggi dan bergerak ke wilayah dengan kepadatan penduduk dan jumlah penduduk lanjut usia yang lebih rendah. Karakteristik demografi wilayah, seperti kepadatan penduduk menunjukkan hubungan dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur. Wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi cenderung memiliki jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 yang tinggi juga (Fitriani dan Jaya 2020). Karakteristik demografi lain, seperti jumlah penduduk lanjut usia menunjukkan korelasi negatif dengan peningkatan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di wilayah Italia Utara (Buja *et al.* 2020). Karakteristik sosial dan ekonomi juga menunjukkan hubungan dengan penyebaran Covid-19. Tingkat ketenagakerjaan, persentase jumlah tempat tidur di rumah sakit swasta, dan jumlah pengguna transportasi publik menunjukkan korelasi positif dengan peningkatan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di wilayah Italia Utara (Buja *et al.* 2020).

### 2.4 Algoritme PageRank

Algoritme PageRank adalah suatu metode untuk mengkalkulasi dan memberikan peringkat pada setiap halaman web berdasarkan struktur graf dari web tersebut (Page *et al.* 1999). Algoritme PageRank bisa diibaratkan sebagai metode untuk memodelkan kebiasaan pengguna internet dalam menelusuri halaman web. Algoritme ini mengasumsikan bahwa pengguna internet akan menjelajahi halaman web lain berdasarkan tautan yang ada pada halaman web yang sedang dikunjungi (Brin dan Page 1998). Struktur graf pada web terdiri atas *forward link* (*out-edges*) dan *backlink* (*in-edges*). Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi dari *forward link* dan *backlink* dari suatu struktur graf. Halaman web B, C, dan D adalah *backlinks* dari halaman web A, sebaliknya, halaman web A adalah *forward links* dari halaman web B, C, dan D.

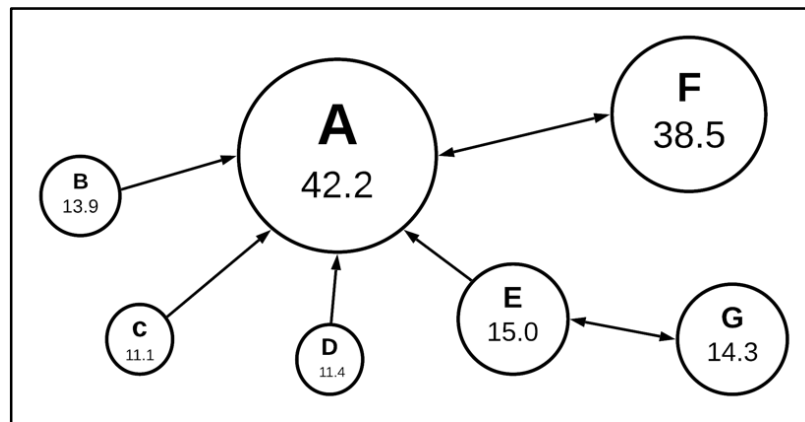


Gambar 2.1 Ilustrasi dari *forward link* dan *backlink*

Brin dan Page (1998) memberikan asumsi bahwa setiap halaman web memiliki halaman web  $T_j$  dengan  $j$  adalah banyak halaman web yang menjadi *backlink*-nya dan  $C(T_j)$  adalah jumlah *forward link* dari halaman web  $T_j$ . Parameter  $d$  adalah *damping factor* yang memiliki nilai antara 0 sampai 1. Brin dan Page (1998) memberikan Persamaan (1) untuk menghitung nilai PageRank untuk setiap halaman web.

$$PR^t = (1 - d) + d * \left( \sum_{j=1}^n \frac{PR(T_j)^{t-1}}{C(T_j)} \right) \quad (1)$$

Persamaan (1) melakukan perhitungan terhadap nilai PageRank dari suatu halaman web dengan menjumlahkan hasil pembagian antara nilai PageRank dari seluruh halaman web yang merupakan *backlink* dari halaman web tersebut dengan masing-masing *forward link*-nya. Pada Persamaan (1), Brin and Page (1998) juga mengenalkan *damping factor* ( $d$ ). Jika sebelumnya sudah dijelaskan bahwa Algoritme PageRank bisa diibaratkan sebagai metode untuk memodelkan kebiasaan pengguna internet dalam menelusuri halaman web. *Damping factor* adalah peluang pengguna internet untuk tetap mengikuti tautan pada halaman web yang sedang dikunjungi dan tidak mengunjungi halaman web lain secara acak. Selain itu, Persamaan (1) juga memerlukan informasi nilai PageRank awal untuk setiap halaman web, sehingga nilai yang digunakan adalah sama untuk seluruh halaman web, yaitu  $\frac{1}{n}$ , dengan  $n$  adalah jumlah seluruh halaman web (Haveliwala 1999). Perhitungan nilai PageRank akan bekerja secara iteratif hingga mencapai suatu kondisi kekonvergenan (Brin dan Page 1998).



Gambar 2.2 Ilustrasi pengaruh kepentingan halaman web

Selain mempertimbangkan *forward link* dan *backlink* dari suatu struktur graf pada web, Algoritme PageRank juga mempertimbangkan nilai PageRank dari suatu halaman web yang menjadi *backlinks* dari halaman web lainnya. Gambar 2.2 menunjukkan ilustrasi bagaimana nilai PageRank suatu halaman web juga memengaruhi halaman web yang menjadi *forward link*-nya. Halaman web A memiliki nilai PageRank tertinggi karena terdapat lima halaman web lain yang menjadi *backlink*-nya. Halaman web F dan G sama-sama hanya memiliki satu *backlink*, tetapi halaman web F memiliki nilai PageRank yang lebih tinggi dari halaman web G. Hal ini disebabkan karena halaman web F memiliki *backlink* dari halaman web yang memiliki nilai PageRank yang tinggi, yaitu halaman web A. Pada kasus nyata, hal ini bisa diilustrasikan sebagai suatu halaman web yang hanya

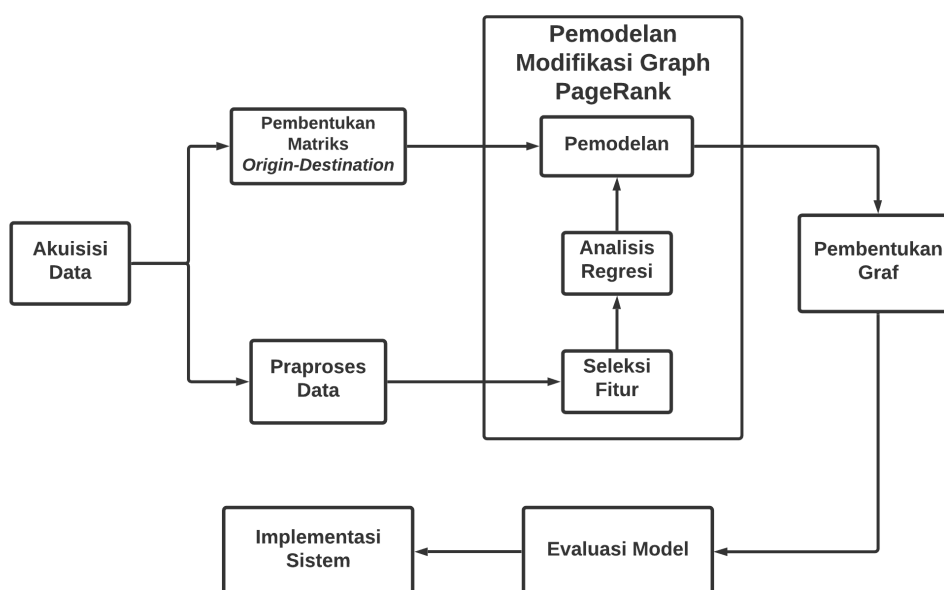
dirujuk oleh satu halaman web lain, tetapi satu halaman web yang merujuk tersebut adalah halaman web yang penting dan berpengaruh, seperti Yahoo! (Brin dan Page 1998).

Beberapa penelitian sudah dilakukan dengan menggunakan Algoritme PageRank ataupun modifikasinya untuk memodelkan pergerakan manusia, jejaring sosial, ataupun penyebaran penyakit menular. Chin dan Wen (2015) menggunakan Algoritme Distance-Decay PageRank (DDPR) dan Geographical PageRank (GPR) untuk mengidentifikasi konsentrasi dari pergerakan manusia, Jing *et al.* (2018) menggunakan Algoritme Modified PageRank dengan menambahkan parameter jarak untuk mendeteksi pusat dari suatu jejaring sosial, Huang *et al.* (2019) menggunakan Algoritme EpiRank untuk mengetahui tingkat risiko penyebaran penyakit menular pada pergerakan harian manusia, dan Su *et al.* (2020) menggunakan Algoritme PageRank untuk menemukan *node* penting pada suatu jejaring sosial. Penelitian lainnya memfokuskan pada pengembangan dari Algoritme PageRank, seperti Xing dan Ghorbani (2004) mengembangkan Algoritme Weighted PageRank dan Haibo *et al.* (2010) mengembangkan Algoritme PageRank based on Transition Probability.

### III METODE

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas tujuh tahapan utama, yaitu akuisisi data, pembentukan matriks *origin-destination*, praproses data, pemodelan Modifikasi Graph PageRank, pembentukan graf, evaluasi model, dan implementasi sistem. Tahap akuisisi data merupakan tahap pengumpulan data yang terdiri atas data untuk pemodelan dan data untuk evaluasi model. Tahap pembentukan matriks *origin-destination* adalah tahapan pembentukan graf yang terdiri atas *node* dan *edge* dalam bentuk matriks berdasarkan data yang sudah diakuisisi sebelumnya. Tahap praproses adalah tahapan untuk menyiapkan data sebelum masuk ke tahap berikutnya. Tahap pemodelan Modifikasi Graph PageRank adalah tahapan yang terdiri atas seleksi fitur, analisis regresi, dan pemodelan. Tahap pembentukan graf adalah tahapan pembentukan graf yang terdiri atas *node*, *edge*, dan nilai PageRank untuk masing-masing *node*. Tahap evaluasi model adalah tahapan untuk melihat tingkat kebaikan model yang sudah dibentuk. Tahap implementasi sistem adalah tahapan untuk mengimplementasikan model ke dalam suatu aplikasi berbasis web. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

#### 3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data demografi, sosial, dan ekonomi di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2020 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur yang bersumber dari Situs Resmi Penanganan Covid-19 Provinsi Jawa Timur, dan data batas wilayah di Provinsi Jawa Timur yang

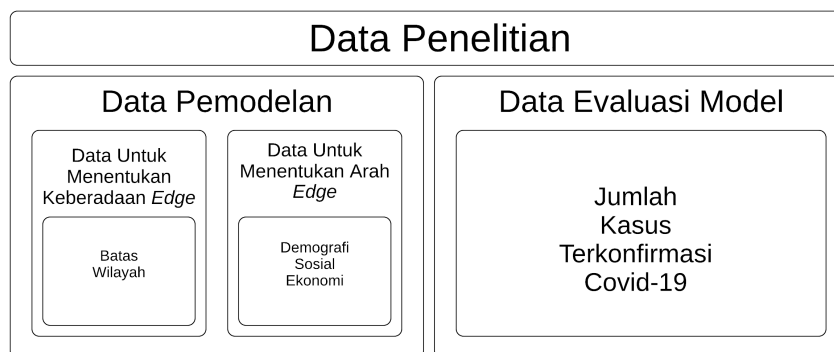
bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data penelitian

No.	Nama data	Tipe data
1	Demografi, Sosial, dan Ekonomi	Numerik
2	Jumlah Kasus Terkonfirmasi Covid-19	Numerik
3	Batas Wilayah	Spasial

### 3.3 Akuisisi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu data untuk pemodelan, dan data untuk evaluasi model. Data untuk pemodelan terbagi kembali menjadi dua, yaitu data yang digunakan untuk menentukan keberadaan *edge* pada struktur graf dan data yang digunakan untuk menentukan arah dari *edge* pada struktur graf. Data yang digunakan untuk menentukan keberadaan *edge* pada graf adalah data batas wilayah di Provinsi Jawa Timur. Data ini bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dapat diunduh melalui <https://portal.inasdi.or.id/downloadaoi/>. Data yang digunakan untuk menentukan arah *edge* pada graf adalah data demografi, sosial, dan ekonomi di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2020. Data ini bersumber dari Buku Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2021 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Data untuk evaluasi model adalah data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur. Jumlah kasus terkonfirmasi merupakan akumulasi dari seluruh kasus aktif, sembuh, dan meninggal. Data ini bersumber dari Situs Resmi Penanganan Covid-19 Provinsi Jawa Timur yang dapat diunduh melalui <http://infocovid19.jatimprov.go.id/#peta>. Pembagian data tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pembagian data penelitian



### 3.4 Pembentukan Matriks *Origin-Destination* (OD)

Matriks *origin-destination* (OD) adalah matriks yang menggambarkan keberadaan *edge* dan arah dari *edge* antar-*node* pada suatu struktur graf. Penelitian ini akan merepresentasikan *node* sebagai kabupaten/kota, sedangkan *edge* direpresentasikan sebagai arah pergerakan manusia antar *node* tersebut. Satu matriks *origin-destination* (OD) hanya menyimpan informasi satu variabel demografi, sosial, atau ekonomi. Pembentukan matriks *origin-destination* (OD) akan mengikuti tiga aturan. Aturan pertama, dua wilayah akan terhubung dengan suatu *edge* jika dua wilayah tersebut berbagi batas wilayah yang sama atau dengan kata lain, dua wilayah tersebut berbatasan darat secara langsung. Keberadaan *edge* antardua wilayah direpresentasikan sebagai dua wilayah yang masih bisa dijangkau oleh pergerakan manusia dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Aturan kedua, *edge* antarwilayah akan mengarah ke wilayah yang memiliki nilai variabel demografi, sosial, atau ekonomi yang lebih tinggi. Arah dari *edge* antarwilayah direpresentasikan sebagai arah pergerakan manusia dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Aturan ketiga, setiap wilayah akan memiliki *edge* yang mengarah ke wilayah itu sendiri (*self-loops*). *Edge* yang mengarah ke wilayah yang sama direpresentasikan sebagai pergerakan manusia yang terjadi di dalam satu wilayah, tanpa adanya pergerakan manusia ke wilayah lain.

### 3.5 Praproses Data

Data yang sudah diakuisisi pada tahap sebelumnya akan dilakukan praproses data terlebih dahulu untuk menghilangkan *bias* dan multikolinearitas pada data numerik yang akan digunakan pada tahap pemodelan Modifikasi Graph PageRank. Praproses pertama yang dilakukan adalah melakukan normalisasi *min-max* agar seluruh data seragam berada pada rentang 0 sampai 1. Normalisasi dilakukan agar tidak ada variabel pada data numerik yang mendominasi variabel lainnya. Praproses kedua yang dilakukan adalah menghilangkan multikolinearitas dengan melakukan analisis korelasi dan perhitungan *Variance Inflation Factor* (VIF). Analisis korelasi akan memberikan informasi koefisien korelasi antara dua variabel. Semakin tinggi nilai koefisien korelasi antara dua variabel, maka dua variabel tersebut memiliki hubungan linier yang semakin kuat. Koefisien korelasi absolut yang lebih besar dari atau sama dengan 0,8 memungkinkan terjadinya multikolinearitas jika dua variabel tersebut digunakan dalam pemodelan (Shrestha 2020). Selain menggunakan analisis korelasi, perhitungan VIF juga akan memberikan informasi berupa nilai yang menunjukkan keberadaan multikolinearitas pada variabel-variabel yang diujikan. Nilai VIF dalam rentang 1 sampai 5 menandakan adanya korelasi yang sedang antara satu atau lebih variabel, nilai VIF dalam rentang 5 sampai 10 menandakan adanya korelasi yang tinggi antara satu atau lebih variabel, dan nilai VIF yang lebih besar dari 10 menandakan adanya korelasi yang sangat tinggi antara satu atau lebih variabel (Shrestha 2020). Multikolinearitas akan dihilangkan dengan menghilangkan salah satu variabel yang memiliki koefisien korelasi absolut lebih besar dari atau sama dengan 0,8 dan memiliki nilai VIF yang lebih tinggi.

### 3.6 Seleksi Fitur

Data yang sudah dilakukan praproses akan melalui tahap seleksi fitur untuk memilih fitur terbaik berdasarkan kriteria tertentu. Penelitian ini akan

menggunakan Algoritme Random Forest Regressor untuk mendapatkan nilai *importance* atau kepentingan dari masing-masing variabel demografi, sosial, dan ekonomi. Nilai *importance* atau kepentingan pada masing-masing variabel menunjukkan tingkat kepentingan suatu variabel independen yang dalam penelitian ini adalah variabel demografi, sosial, dan ekonomi terhadap variabel dependen yang dalam penelitian ini adalah jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Semakin tinggi nilai *importance* atau kepentingan suatu variabel, maka semakin tinggi juga pengaruh variabel independen tersebut terhadap variabel dependen. Tahap ini akan menghasilkan fitur-fitur terbaik yang kemudian akan dilanjutkan dengan melakukan analisis regresi.

### 3.7 Analisis Regresi

Data yang sudah melalui tahap praproses dan seleksi fitur akan masuk ke dalam tahap terakhir sebelum dilakukan pemodelan, yaitu analisis regresi. Analisis regresi adalah tahapan untuk mendapatkan koefisien regresi yang menunjukkan besaran pengaruh variabel independen yang dalam penelitian ini adalah variabel demografi, sosial, dan ekonomi terhadap variabel dependen yang dalam penelitian ini adalah jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Penelitian ini akan menggunakan Algoritme Multiple Linear Regression untuk mendapatkan nilai koefisien regresi dari masing-masing variabel demografi, sosial, dan ekonomi. Semakin tinggi nilai koefisien regresi, maka semakin tinggi juga besaran pengaruh suatu variabel independen terhadap variabel dependen. Tahap ini akan menghasilkan koefisien regresi yang akan menjadi nilai koefisien  $\beta$  pada pemodelan menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank.

### 3.8 Pemodelan

Pemodelan akan dilakukan dengan menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank dengan menggunakan variabel demografi, sosial, dan ekonomi yang sudah terpilih pada tahap seleksi fitur dan juga menggunakan koefisien regresi pada tahap analisis regresi sebagai nilai koefisien  $\beta$ . Pemodelan menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank akan menghasilkan luaran berupa nilai PageRank dari setiap *node* atau wilayah. Algoritme Modifikasi Graph PageRank akan menggunakan Persamaan (2) sebagai berikut:

$$PR^t = (1 - d) + d * \left\{ \sum_{i=1}^m \beta_i * \left( \sum_{j=1}^n \frac{PR(T_j)^{t-1}}{C(T_j)} \right) \right\} \quad (2)$$

Nilai *damping factor* ( $d$ ) pada penelitian ini dianalogikan sebagai peluang penyebaran Covid-19 di suatu wilayah yang disebabkan oleh faktor pergerakan manusia.

### 3.9 Pembentukan Graf

Pembentukan graf adalah tahapan untuk membentuk graf yang terdiri atas *node* yang merepresentasikan wilayah dan *edge* yang merepresentasikan keterhubungan antarwilayah. Setiap wilayah akan terboboti dengan nilai PageRank yang didapatkan dari tahapan pemodelan.

### 3.10 Evaluasi Model

Evaluasi model adalah tahapan untuk melihat tingkat kebaikan dari model yang dibentuk. Evaluasi model akan dilakukan dengan menghitung nilai koefisien korelasi Pearson ( $r$ ) antara nilai PageRank yang dihasilkan oleh model dengan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Model yang baik adalah model yang memiliki nilai koefisien korelasi yang tinggi atau mendekati 1, sebaliknya model yang kurang baik akan memiliki nilai koefisien korelasi yang rendah atau mendekati -1. Persamaan perhitungan koefisien korelasi Pearson ( $r$ ) dapat dilihat pada Persamaan (3).

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

Keterangan:

$r$  = Nilai koefisien korelasi

$x_i$  = Nilai PageRank yang dihasilkan oleh model

$y_i$  = Jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19

$\bar{x}$  = Rata-rata nilai PageRank yang dihasilkan oleh model

$\bar{y}$  = Rata-rata jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19

Selain itu, evaluasi model juga akan mengategorikan nilai PageRank yang dihasilkan oleh model dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 dengan menggunakan teknik Head-Tail Breaks (Jiang 2013). Model yang baik akan memberikan kategori yang sama antara nilai PageRank yang dihasilkan oleh model dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 pada masing-masing wilayah.

### 3.11 Implementasi Sistem

Model yang dibentuk kemudian akan diimplementasikan pada aplikasi berbasis web. Aplikasi akan dikembangkan menggunakan kerangka kerja (*framework*) Django. Aplikasi akan memungkinkan model menerima masukan data yang dinamis dan seluruh proses pemodelan akan dikerjakan dalam aplikasi tersebut.

### 3.12 Lingkungan Pengembangan

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Prosesor: Intel Core i5 2,90 GHz
2. Memori: 8 GB RAM
3. VGA: Intel Iris Graphics 550

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem operasi macOS Mojave versi 10.14.6
2. Bahasa Pemrograman Python versi 3.7.4 untuk melakukan pengolahan data numerik dan pemodelan
3. PyCharm versi 2019.3.5 (*Community Edition*) sebagai *integrated development environment*

4. QGIS versi 3.14.15 untuk melakukan pengolahan data spasial
5. Django versi 3.1.6 untuk melakukan pengembangan aplikasi

## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan dengan mengumpulkan data dari masing-masing sumber data. Akuisisi yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan data demografi, sosial, dan ekonomi tahun 2020 di Provinsi Jawa Timur. Data demografi, sosial, dan ekonomi diakuisisi melalui Buku Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Namun, terdapat beberapa variabel yang tidak memiliki data pada tahun 2020 ataupun tidak bersumber dari Buku Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021. Variabel tersebut adalah variabel jumlah penduduk lanjut usia, jumlah perceraian, dan angka melek huruf. Variabel jumlah penduduk lanjut usia menggunakan data pada tahun 2019 yang diakuisisi melalui Buku Profil Penduduk Lanjut Usia Provinsi Jawa Timur 2019. Variabel jumlah perceraian menggunakan data pada tahun 2018, 2019, dan 2020 yang diakuisisi melalui Buku Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021 dan Situs Resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Perbedaan tahun yang digunakan pada variabel jumlah perceraian disebabkan terdapat tiga kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur yang tidak memiliki data pada tahun 2020, sehingga data yang digunakan adalah data terbaru yang tersedia di masing-masing wilayah tersebut. Variabel angka melek huruf menggunakan data pada tahun 2019 yang diakuisisi melalui Buku Statistik Pendidikan Provinsi Jawa Timur 2019. Selain itu, terdapat satu variabel, yaitu angka kecelakaan yang diakuisisi melalui penelitian Dewi (2018). Angka kecelakaan pada penelitian tersebut merupakan angka kecelakaan pada tahun 2015 yang diakuisisi melalui Kepolisian Daerah Jawa Timur dan Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Walaupun data yang digunakan memiliki tahun data yang berbeda, hal tersebut tidak akan berdampak terlalu buruk terhadap hasil penelitian ini. Hal ini disebabkan karena perubahan data demografi, sosial, dan ekonomi yang tidak signifikan setiap tahunnya. Data demografi, sosial, dan ekonomi yang digunakan pada penelitian ini beserta deskripsinya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan potongan dari data demografi, sosial, dan ekonomi di Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Data demografi, sosial, dan ekonomi

No.	Nama variabel	Deskripsi variabel
1	Luas Wilayah	Luas dalam satuan kilometer persegi
2	Jumlah Penduduk	Jumlah dalam satuan ribu
3	Kepadatan Penduduk	Kepadatan penduduk per kilometer persegi
4	Jumlah Penduduk Lanjut Usia	Jumlah penduduk laki-laki dan perempuan dengan usia diatas 60 tahun dalam satuan ribu
5	Jumlah Penduduk Laki-Laki	Jumlah dalam satuan ribu
6	Jumlah Penduduk Perempuan	Jumlah dalam satuan ribu

Tabel 4.1 Data demografi, sosial, dan ekonomi (*lanjutan*)

No.	Nama variabel		Deskripsi variabel
7	Produk Domestik Regional Bruto		Nilai atas dasar harga konstan dalam satuan miliar
8	Tingkat Pengangguran		Tingkat pengangguran dalam satuan persen
9	Upah Minimum Regional		Jumlah dalam satuan rupiah
10	Jumlah Penduduk Miskin		Jumlah dalam satuan ribu
11	Rata-Rata Pengeluaran Penduduk Per Kapita		Jumlah rata-rata pengeluaran per kapita sebulan untuk makanan dan bukan makanan di daerah perkotaan dan pedesaan
12	Rata-Rata Pendapatan Bersih Pekerja Informal		Rata-rata pendapatan bersih sebulan pekerja yang berstatus berusaha sendiri dan pekerja bebas di sektor pertanian dan nonpertanian
13	Rata-Rata Pendapatan Bersih Pekerja Formal		Rata-rata pendapatan bersih sebulan pekerja yang berstatus buruh atau karyawan atau pegawai
14	Jumlah Kejahatan		Jumlah kejahatan yang dilaporkan
15	Jumlah Perceraian		Jumlah cerai talak dan cerai gugat untuk penduduk beragama Islam
16	Indeks Pembangunan Manusia		Indeks pembangunan manusia, meliputi dimensi pendidikan, kesehatan, dan pengeluaran
17	Angka Melek Huruf		Angka melek huruf penduduk laki-laki dan perempuan dengan usia diatas 15 tahun
18	Jumlah Rumah Sakit		Jumlah rumah sakit umum dan rumah sakit khusus
19	Jumlah Kesehatan Tenaga		Jumlah tenaga kesehatan, meliputi dokter dan perawat
20	Akses Sanitasi		Persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak
21	Angka Kecelakaan		Angka kecelakaan total per 100 kilometer
22	Jumlah Kendaraan		Jumlah kendaraan bermotor yang didaftarkan, meliputi mobil penumpang, bus, truk, dan sepeda motor

No	Kabupaten/Kota	Luas Wilayah	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk	Jumlah Penduduk Lanjut Usia	Jumlah Penduduk Laki-Laki	Jumlah Penduduk Perempuan
1	Pacitan	1389.92	586	422	109.1685	293.714	292.396
2	Ponorogo	1305.7	949	727	162.6157	474.257	475.061
3	Trenggalek	1147.22	731	637	116.3016	367.372	363.753
4	Tulungagung	1055.65	1090	1032	160.5255	545.254	544.521
5	Blitar, Kabupaten	1336.48	1224	916	192.726	616.511	607.234
6	Kediri, Kabupaten	1386.05	1635	1180	220.9896	825.867	809.427
7	Malang, Kabupaten	3530.65	2654	752	358.0644	1.337.805	1.316.643
8	Lumajang	1790.9	1119	625	147.443	553.574	565.677
9	Jember	3092.34	2537	820	339.2184	1.264.968	1.271.761
10	Banyuwangi	5782.4	1708	295	247.4262	855.22	852.894
11	Bondowoso	1525.97	776	509	122.8408	382.226	393.925
12	Situbondo	1669.87	686	411	96.986	336.757	349.21
13	Probolinggo, Kabupaten	1696.21	1153	679	147.5278	568.684	583.853
14	Pasuruan, Kabupaten	1474.02	1606	1090	159.446	803.73	802.239
15	Sidoarjo	634.38	2083	3283	177.671	1.048.574	1.034.227

Gambar 4.1 Potongan data demografi, sosial, dan ekonomi di Provinsi Jawa Timur

Akuisisi yang dilakukan berikutnya adalah mengumpulkan data batas wilayah di Provinsi Jawa Timur melalui Badan Informasi Geospasial (BIG). Data batas wilayah yang diakuisisi merupakan data rupa bumi Indonesia (RBI) dengan format *shapefile*. Data tersebut merupakan data batas wilayah dengan skala kecamatan. Data yang sudah diakuisisi melalui beberapa operasi pengolahan spasial untuk menghasilkan data batas wilayah yang sesuai dengan kebutuhan penelitian ini. Operasi spasial yang dilakukan adalah dengan melakukan operasi *filter* untuk menghilangkan wilayah yang bukan merupakan wilayah Provinsi Jawa Timur dan melakukan operasi *dissolve* untuk menghasilkan data batas wilayah dengan skala kabupaten/kota. Seluruh operasi spasial tersebut menggunakan perangkat lunak QGIS. Ilustrasi data batas wilayah di Provinsi Jawa Timur yang sudah dilakukan operasi spasial dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Ilustrasi data batas wilayah di Provinsi Jawa Timur

Akuisisi terakhir adalah mengumpulkan data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur melalui Situs Resmi Penanganan Covid-19 Provinsi Jawa Timur. Data tersebut merupakan data dari 18 Maret 2020 sampai 20 Februari 2021. Data yang digunakan adalah data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 yang merupakan akumulasi dari seluruh kasus aktif, sembuh, dan meninggal di Provinsi Jawa Timur (*lihat* Lampiran 1). Ilustrasi data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 dapat dilihat pada Gambar 4.3.

No	Kabupaten/Kota	Jumlah Kasus Terkonfirmasi Covid-19
1	Pacitan	2267
2	Ponorogo	2582
3	Trenggalek	2761
4	Tulungagung	2422
5	Blitar, Kabupaten	4232
6	Kediri, Kabupaten	3837
7	Malang, Kabupaten	2239
8	Lumajang	2894
9	Jember	6361
10	Banyuwangi	5268
11	Bondowoso	2087
12	Situbondo	2337
13	Probolinggo, Kabupaten	3008
14	Pasuruan, Kabupaten	3033
15	Sidoarjo	9689

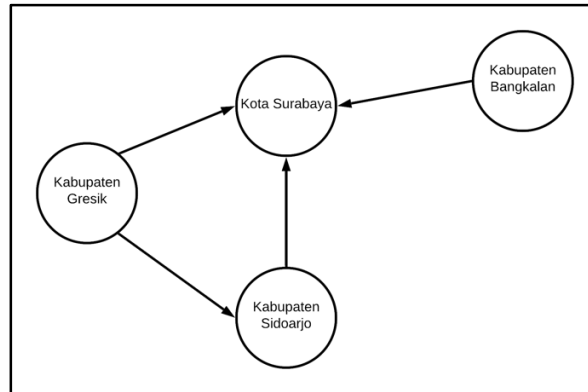
Gambar 4.3 Potongan data jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Provinsi Jawa Timur

#### 4.2 Pembentukan Matriks *Origin-Destination* (OD)

Matriks *origin-destination* (OD) dibentuk dengan menggunakan data demografi, sosial, dan ekonomi dan data batas wilayah. Matriks *origin-destination* (OD) memiliki informasi *origin* yang melambangkan asal wilayah dari pergerakan manusia dan *destination* yang melambangkan tujuan wilayah dari pergerakan manusia. Pembentukan matriks *origin-destination* (OD) akan mengikuti tiga aturan. Aturan pertama, dua wilayah akan terhubung dengan suatu *edge* jika dua wilayah tersebut berbagi batas wilayah yang sama atau dengan kata lain, dua wilayah tersebut berbatasan darat secara langsung. Aturan kedua, *edge* antarwilayah akan mengarah ke wilayah yang memiliki nilai variabel demografi, sosial, atau ekonomi yang lebih tinggi. Aturan ketiga, setiap wilayah akan memiliki *edge* yang mengarah ke wilayah itu sendiri (*self-loops*). Terdapat perlakuan khusus untuk aturan pertama bagi Kota Surabaya dan Kabupaten Bangkalan. Kedua wilayah tersebut merupakan wilayah yang tidak memiliki perbatasan darat secara langsung, namun pada penelitian ini kedua wilayah tersebut akan memiliki *edge* dikarenakan kedua wilayah tersebut terhubung oleh Jembatan Suramadu.

Matriks *origin-destination* (OD) dapat didefinisikan sebagai cara lain dalam membentuk suatu struktur graf. Gambar 4.4 menunjukkan struktur graf yang lebih mudah dipahami oleh visual manusia, namun komputer tidak bisa membaca secara langsung suatu struktur graf seperti terlihat pada Gambar 4.4. Oleh sebab itu, struktur graf tersebut perlu dibentuk dengan cara lain, yaitu melalui matriks *origin-destination* (OD) seperti terlihat pada Tabel 4.2. Tabel 4.2 memberikan informasi berupa *node* dan *edge* pada struktur graf sesuai dengan Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Ilustrasi pembentukan matriks *origin-destination* (OD)Tabel 4.2 Ilustrasi pembentukan matriks *origin-destination* (OD)

<i>ID</i>	<i>Origin</i>	<i>Destination</i>
1	Kabupaten Gresik	Kabupaten Sidoarjo
2	Kabupaten Gresik	Kota Surabaya
3	Kabupaten Sidoarjo	Kota Surabaya
4	Kabupaten Bangkalan	Kota Surabaya

### 4.3 Praproses Data

Praproses yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan normalisasi *min-max* terhadap seluruh variabel demografi, sosial, dan ekonomi dan menghilangkan multikolinearitas dengan melakukan analisis korelasi dan perhitungan *Variance Inflation Factor* (VIF). Variabel yang dihilangkan adalah variabel yang memiliki koefisien korelasi absolut lebih besar dari atau sama dengan 0,8 dan memiliki nilai VIF yang lebih tinggi. Terdapat delapan variabel yang dihilangkan pada tahap ini karena memungkinkan terjadinya multikolinearitas. Variabel-variabel tersebut adalah indeks pembangunan manusia (IPM), jumlah kendaraan, jumlah penduduk, jumlah penduduk perempuan, jumlah penduduk lanjut usia, jumlah rumah sakit, jumlah tenaga kesehatan, dan rata-rata pengeluaran penduduk per kapita.

Variabel indeks pembangunan manusia dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel angka melek huruf dan rata-rata pengeluaran penduduk per kapita. Variabel jumlah kendaraan dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel produk domestik regional bruto, jumlah rumah sakit, dan jumlah tenaga kesehatan. Variabel jumlah penduduk lanjut usia dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel jumlah penduduk perempuan. Variabel jumlah penduduk dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel jumlah penduduk lanjut usia, jumlah penduduk laki-laki, dan jumlah penduduk perempuan. Variabel jumlah penduduk perempuan dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel jumlah penduduk laki-laki. Variabel jumlah rumah sakit dan jumlah tenaga kesehatan dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel produk domestik regional bruto. Variabel rata-rata pengeluaran penduduk

per kapita dihilangkan karena memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel kepadatan penduduk dan tingkat pengangguran.

#### 4.4 Seleksi Fitur

Seleksi fitur yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan memilih delapan variabel demografi, sosial, dan ekonomi terbaik berdasarkan nilai *importance* atau kepentingan dari masing-masing variabel. Nilai *importance* atau kepentingan didapatkan tanpa membagi data menjadi data latih dan data uji. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan bahwa tujuan dari seleksi fitur adalah untuk memahami keseluruhan data dan melihat variabel yang paling penting. Seleksi fitur akan menggunakan Algoritme Random Forest Regressor dengan jumlah *tree* yang digunakan adalah 100 dan kriteria *split* yang digunakan adalah *mean squared error* (MSE). Variabel demografi, sosial, dan ekonomi yang terpilih adalah jumlah kejahatan, produk domestik regional bruto, angka melek huruf, kepadatan penduduk, upah minimum regional, rata-rata pendapatan pekerja informal, jumlah penduduk laki-laki, dan tingkat pengangguran. Nilai *importance* atau kepentingan dari masing-masing variabel tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai kepentingan masing-masing variabel

Variabel	Nilai kepentingan
Jumlah Kejahatan	0,23
Produk Domestik Regional Bruto	0,14
Angka Melek Huruf	0,11
Kepadatan Penduduk	0,08
Upah Minimum Regional	0,08
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	0,07
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,07
Tingkat Pengangguran	0,05
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Formal	0,03
Jumlah Perceraian	0,02
Luas Wilayah	0,02
Jumlah Penduduk Miskin	0,01
Akses Sanitasi	0,01
Jumlah Perceraian	0,02
Angka Kecelakaan	0,01

Nilai kepentingan menunjukkan seberapa baik suatu variabel bisa mengestimasi jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Semakin tinggi nilai kepentingan suatu variabel, semakin baik variabel tersebut bisa mengestimasi jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa variabel

jumlah kejahatan adalah variabel yang paling baik untuk bisa melakukan estimasi jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19.

Berdasarkan Tabel 4.3 di atas, delapan variabel akan dipilih dan digunakan untuk tahap analisis regresi. Pemilihan delapan variabel didasari atas hasil percobaan empiris untuk bisa mendapatkan koefisien korelasi tertinggi di tahap evaluasi model, namun tetap mempertahankan untuk tidak menimbulkan multikolinearitas. Delapan variabel terpilih tersebut mayoritas memiliki nilai VIF di rentang 5 sampai 10. Pemangkasan variabel yang memiliki nilai VIF di atas 5 hanya akan menyisakan tiga variabel dan membuat koefisien korelasi di tahap evaluasi model menjadi rendah. Oleh sebab itu, penelitian ini akan tetap menggunakan delapan variabel tersebut, walaupun memiliki nilai VIF lebih besar dari 5.

#### 4.5 Analisis Regresi

Analisis regresi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan memasukkan variabel demografi, sosial, dan ekonomi yang sudah terpilih pada tahap sebelumnya ke dalam Algoritme Multiple Linear Regression dengan menggunakan metode *Ordinary Least Squares* untuk mendapatkan koefisien regresi dari masing-masing variabel. Serupa dengan yang dilakukan pada tahap seleksi fitur, koefisien regresi didapatkan tanpa membagi data menjadi data latih dan data uji. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan bahwa tujuan dari analisis regresi adalah untuk memahami keseluruhan data dan melihat variabel independen yang paling berpengaruh terhadap variabel dependen. Koefisien regresi yang dihasilkan pada tahap ini akan menjadi nilai koefisien  $\beta$  pada tahapan pemodelan. Koefisien regresi dari masing-masing variabel yang sudah terpilih dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Koefisien regresi masing-masing variabel terpilih

Variabel	Koefisien regresi
Produk Domestik Regional Bruto	0,82
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,09
Tingkat Pengangguran	0,09
Jumlah Kejahatan	0,04
Kepadatan Penduduk	0,02
Angka Melek Huruf	0,005
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	-0,05
Upah Minimum Regional	-0,06

Koefisien regresi menunjukkan seberapa besar pengaruh suatu variabel terhadap peningkatan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Semakin tinggi koefisien regresi suatu variabel, semakin besar pengaruh variabel tersebut terhadap peningkatan nilai jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa variabel produk domestik regional bruto adalah variabel yang memiliki pengaruh paling besar terhadap peningkatan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19.

#### 4.6 Pemodelan

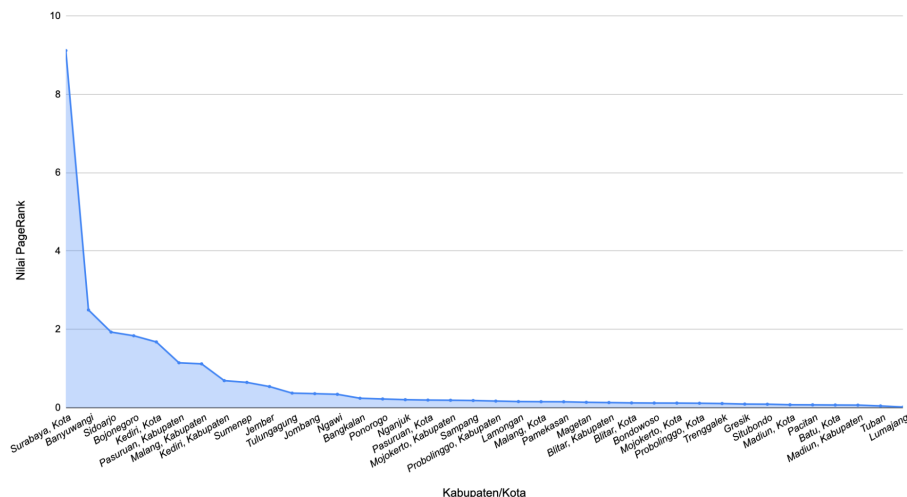
Algoritme Modifikasi Graph PageRank adalah pengembangan dari Algoritme PageRank. Modifikasi ini dilakukan karena Algoritme PageRank memiliki batasan untuk melakukan perhitungan PageRank hanya dari satu struktur graf. Batasan ini kemudian dihilangkan dengan memodifikasi Algoritme PageRank, sehingga perhitungan PageRank bisa dilakukan pada lebih dari satu struktur graf. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menjumlahkan hasil perhitungan PageRank dari masing-masing struktur graf yang sudah diberikan bobot atau koefisien yang berbeda. Persamaan Algoritme Modifikasi Graph PageRank dapat dilihat pada Persamaan (4).

$$PR^t = (1 - d) + d * \left\{ \sum_{i=1}^m \beta_i * \left( \sum_{j=1}^n \frac{PR(T_j)^{t-1}}{C(T_j)} \right) \right\} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{PR(T_j)^{t-1}}{C(T_j)} \quad (5)$$

Persamaan (4) melakukan perhitungan dengan mengalikan hasil perhitungan Persamaan (5) dengan koefisien yang bersesuaian. Persamaan (5) merupakan persamaan yang sama dengan persamaan Algoritme PageRank yang dirumuskan oleh Brin dan Page (1998). Modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menambahkan operasi sigma ( $\Sigma$ ) untuk melakukan perhitungan pada lebih dari satu struktur graf dan menambahkan nilai koefisien  $\beta$  untuk memberikan bobot pada masing-masing struktur graf. Nilai koefisien  $\beta$  pada Persamaan (4) didapatkan dengan menggunakan analisis regresi terhadap seluruh variabel yang digunakan dalam pemodelan.

Pemodelan akan menggunakan variabel demografi, sosial, dan ekonomi yang sudah terpilih dari tahap seleksi fitur, yaitu variabel jumlah kejahatan, produk domestik regional bruto, angka melek huruf, kepadatan penduduk, upah minimum regional, rata-rata pendapatan pekerja informal, jumlah penduduk laki-laki, dan tingkat pengangguran. Setiap matriks *origin-destination* (OD) yang menyimpan informasi dari satu variabel demografi, sosial, atau ekonomi akan memiliki bobot berupa nilai koefisien  $\beta$  berdasarkan informasi variabel yang disimpan di masing-masing matriks *origin-destination* (OD), sehingga terdapat delapan matriks *origin-destination* (OD) dengan delapan nilai koefisien  $\beta$  yang akan dimasukkan ke dalam pemodelan menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank. Nilai *damping factor* ( $d$ ) yang digunakan adalah 0,95. Nilai ini merujuk pada penelitian Huang *et al.* (2019) dan sudah divalidasi dengan melakukan percobaan empiris untuk bisa mendapatkan koefisien korelasi tertinggi di tahap evaluasi model. Tahapan ini akan menghasilkan nilai PageRank untuk masing-masing wilayah (*lihat Lampiran 2*). Semakin tinggi nilai PageRank pada suatu wilayah, maka semakin tinggi juga arus pergerakan manusia masuk ke wilayah tersebut. Gambar 4.5 menunjukkan grafik nilai PageRank dari masing-masing kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur.

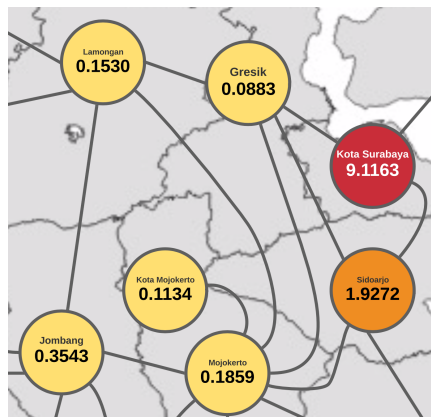


Gambar 4.5 Sebaran nilai PageRank

#### 4.7 Pembentukan Graf

Pembentukan graf akan menggunakan informasi *node* dan *edge* pada tahapan pembentukan matriks *origin-destination* (OD) dan informasi nilai PageRank pada tahapan pemodelan. Graf yang dibentuk akan memberikan informasi wilayah yang sudah terboboti dengan nilai PageRank dan arus pergerakan manusia antarwilayah (lihat Lampiran 3).

Nilai PageRank yang dihasilkan pada tahapan pemodelan akan dikategorikan menggunakan metode Head-Tail Breaks. Metode ini sesuai diterapkan pada data yang memiliki distribusi pada bagian kanan grafik (*right-skewed* atau *heavy tailed*). Metode ini menghasilkan tiga kategori untuk nilai PageRank, yaitu status risiko rendah, status risiko sedang, dan status risiko tinggi. Banyak kategori tersebut berdasarkan karakteristik dari metode Head-Tail Breaks, yaitu metode ini memiliki batas kategori maksimum yang dimungkinkan, disesuaikan dengan sebaran datanya. Wilayah yang memiliki status risiko rendah divisualisasikan sebagai *node* berwarna kuning, wilayah yang memiliki status risiko sedang divisualisasikan sebagai *node* berwarna oranye, dan wilayah yang memiliki status risiko tinggi divisualisasikan sebagai *node* berwarna merah. Gambar 4.6 menunjukkan potongan dari pembentukan graf pada beberapa wilayah di Provinsi Jawa Timur.



Gambar 4.6 Potongan pembentukan graf

#### 4.8 Evaluasi Model

Evaluasi model yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai koefisien korelasi Pearson ( $r$ ) antara nilai PageRank yang dihasilkan oleh model dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Semakin tinggi nilai koefisien korelasi, maka semakin tinggi pengaruh pergerakan manusia terhadap penyebaran Covid-19.

Penelitian ini mendapatkan hasil perhitungan nilai koefisien korelasi Pearson ( $r$ ) sebesar 0,867. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa pergerakan manusia memberikan pengaruh yang tinggi dalam penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur.

Terdapat enam variabel yang paling memengaruhi pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur. Variabel-variabel tersebut adalah produk domestik regional bruto, jumlah penduduk laki-laki, tingkat pengangguran, jumlah kejahatan, kepadatan penduduk, dan angka melek huruf. Penelitian ini menunjukkan kecenderungan pergerakan manusia ke wilayah dengan produk domestik regional bruto, jumlah penduduk laki-laki, tingkat pengangguran, jumlah kejahatan, kepadatan penduduk, dan angka melek huruf yang lebih tinggi, sekaligus meningkatkan penyebaran Covid-19 di wilayah tersebut.

Variabel produk domestik regional bruto merupakan variabel yang paling memberikan pengaruh terhadap pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur. Wilayah dengan produk domestik regional bruto yang tinggi mengindikasikan tingginya tingkat perekonomian di wilayah tersebut. Tingkat perekonomian yang tinggi akan meningkatkan pergerakan manusia baik dalam satu wilayah ataupun antarwilayah (Garcia 2021).

Wilayah dengan tingkat perekonomian yang tinggi berkaitan erat dengan angka melek huruf di wilayah tersebut. Angka melek huruf dapat menggambarkan kualitas sumber daya manusia di wilayah tersebut (Nayyar 2014). Menurut Ramirez-Aldana (2020), wilayah dengan angka melek huruf yang tinggi akan menurunkan risiko penyebaran Covid-19 di wilayah tersebut. Hal tersebut dikarenakan angka melek huruf juga mungkin terkait dengan literasi kesehatan, termasuk kepatuhan dalam melaksanakan protokol kesehatan. Namun, penelitian ini menunjukkan hasil sebaliknya. Wilayah dengan angka melek huruf yang tinggi juga memiliki jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 yang tinggi. Hal ini menunjukkan asumsi Ramirez-Aldana (2020) terkait kaitan angka melek huruf dan literasi kesehatan tidak berlaku untuk studi kasus yang digunakan pada penelitian ini, yaitu Provinsi Jawa Timur.

Wilayah dengan tingkat perekonomian yang tinggi tidak serta merta akan menjamin kesejahteraan seluruh masyarakat di wilayah tersebut. Wilayah dengan tingkat perekonomian yang tinggi juga akan meningkatkan tingkat pengangguran di wilayah tersebut. Hal ini disebabkan karena masih banyaknya masyarakat yang mencari pekerjaan dengan merantau ke wilayah yang lebih maju, tetapi tidak diikuti dengan keterampilan yang mendukung.

Wilayah dengan tingkat perekonomian dan tingkat pengangguran yang tinggi memiliki risiko terjadinya tindak kejahatan yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya. Ketika ekonomi masyarakat membaik, masyarakat bersedia membelanjakan lebih banyak pendapatan mereka untuk barang-barang yang bernilai tinggi. Hal ini akan meningkatkan risiko kejahatan, seperti pencurian (Andresen 2015).

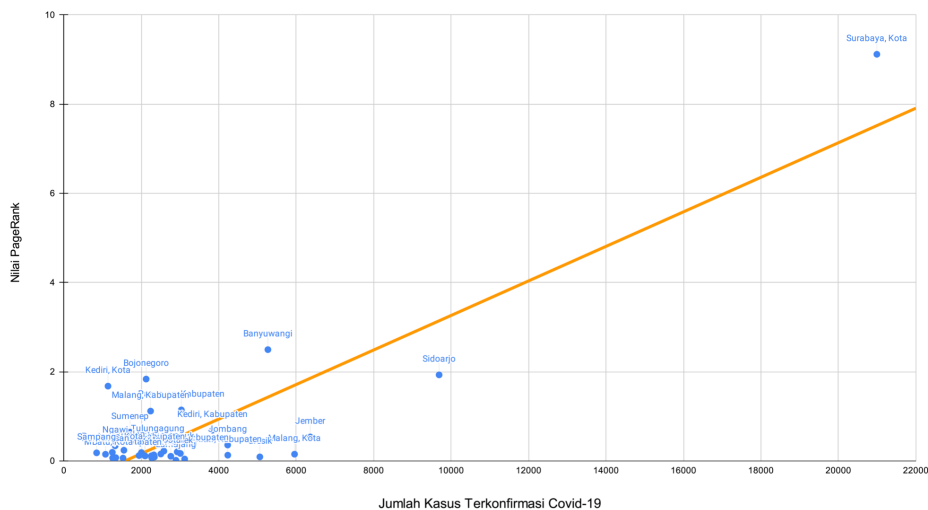
Variabel lain yang juga memberikan pengaruh terhadap pergerakan manusia dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 di Provinsi Jawa Timur adalah jumlah penduduk laki-laki. Wilayah dengan jumlah penduduk laki-laki yang tinggi akan meningkatkan risiko penyebaran Covid-19 di wilayah tersebut. Menurut Bwire (2020), adanya kemungkinan bahwa ekspresi yang lebih tinggi dari angiotensin-converting enzyme-2 pada laki-laki berkontribusi pada lebih mudahnya penduduk laki-laki terinfeksi Covid-19. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah penduduk laki-laki cenderung memiliki gaya hidup yang berbeda dengan penduduk perempuan, seperti merokok dan meminum minuman alkohol. Gaya hidup tersebut juga yang akan meningkatkan risiko kematian bagi penduduk laki-laki yang terinfeksi Covid-19. KPCPEN (2021) menunjukkan bahwa hingga 22 Juni 2021, kasus meninggal Covid-19 di Provinsi Jawa Timur lebih banyak terjadi pada penduduk laki-laki dengan persentase sebesar 53,2%.

Mobilitas masyarakat di sektor perekonomian, seperti pasar dan juga risiko penyebaran transmisi lokal melalui penduduk laki-laki juga didukung oleh variabel kepadatan penduduk. Wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi akan meningkatkan risiko penyebaran Covid-19 (Fitriani dan Jaya 2020). Kepadatan penduduk yang tinggi akan meningkatkan kemungkinan terjadinya interaksi antarmanusia, sekaligus meningkatkan risiko penyebaran Covid-19 antarmanusia.

Evaluasi model juga dilakukan dengan melakukan kategorisasi menggunakan teknik Head-Tail Breaks pada nilai PageRank dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Pengategorisasian nilai PageRank dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 akan dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan status risikonya, yaitu risiko rendah, risiko sedang, dan risiko tinggi. Model yang baik akan memberikan kategori yang sama antara nilai PageRank yang dihasilkan oleh model dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 pada masing-masing wilayah.

Pada penelitian ini, terdapat 10 kabupaten/kota yang memiliki kategori yang berbeda antara kategori pada nilai PageRank dan kategori pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Kabupaten/kota tersebut adalah Kabupaten Gresik, Kabupaten Bojonegoro, Kota Kediri, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang, Kabupaten Jember, Kabupaten Jombang, Kota Malang, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Sidoarjo.

Gambar 4.7 menunjukkan grafik sebaran jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 terhadap nilai PageRank, sekaligus menunjukkan 10 kabupaten/kota yang memiliki kategori yang berbeda antara nilai PageRank dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19. Lingkaran berwarna biru mewakili wilayah dan garis berwarna oranye mewakili fungsi linear jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 terhadap nilai PageRank.



Gambar 4.7 Sebaran jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 terhadap nilai PageRank

Kabupaten Gresik termasuk dalam kategori risiko sedang pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19, namun hanya termasuk dalam kategori risiko rendah pada nilai PageRank, sedangkan Kabupaten Sidoarjo termasuk dalam kategori risiko tinggi pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19, namun hanya termasuk dalam kategori risiko sedang pada nilai PageRank. Berdasarkan variabel yang paling berpengaruh terhadap pergerakan manusia, yaitu produk domestik regional bruto, Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo berkontribusi tinggi terhadap nilai PageRank Kota Surabaya, namun tidak sebaliknya. Padahal, Kota Surabaya sebagai ibukota Provinsi Jawa Timur tentu menuntut pergerakan manusia yang sangat tinggi baik dalam satu wilayah, maupun antarwilayah. Oleh sebab itu, nilai PageRank yang rendah pada Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo disebabkan oleh pergerakan dari Kota Surabaya menuju Kabupaten Sidoarjo dan dari Kota Surabaya menuju Kabupaten Gresik memiliki nilai koefisien  $\beta$  yang rendah, seperti pada variabel tingkat pengangguran dan jumlah kejahatan (*lihat* Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Tabel nilai variabel dan koefisien  $\beta$  untuk Kabupaten Gresik, Kota Surabaya, dan Kabupaten Sidoarjo

Variabel	$\beta$	Wilayah		
		Kabupaten Gresik	Kota Surabaya	Kabupaten Sidoarjo
Produk Domestik Regional Bruto	0,82	97.616 M	390.936 M	135.305 M
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,09	660.283	1.425.168	1.048.574
Tingkat Pengangguran	0,09	8.21 %	9.79 %	10.97 %
Jumlah Kejahatan	0,04	1183	1647	1760
Kepadatan Penduduk	0,02	1101/Km <sup>2</sup>	8200/Km <sup>2</sup>	3283/Km <sup>2</sup>
Angka Melek Huruf	0,005	96.43 %	98.82 %	98.73 %
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	-0,05	Rp 2.052.106	Rp 2.262.303	Rp 2.281.387



Tabel 4.5 Tabel nilai variabel dan koefisien  $\beta$  untuk Kabupaten Gresik, Kota Surabaya, dan Kabupaten Sidoarjo (*lanjutan*)

Variabel	$\beta$	Wilayah		
		Kabupaten Gresik	Kota Surabaya	Kabupaten Sidoarjo
Upah Minimum Regional	-0,06	Rp 4.197.030	Rp 4.200.479	Rp 4.193.581

Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Pasuruan, dan Kabupaten Malang termasuk dalam kategori risiko rendah pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19, namun termasuk dalam kategori risiko sedang pada nilai PageRank. Berdasarkan variabel yang paling berpengaruh terhadap pergerakan manusia, yaitu produk domestik regional bruto, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Pasuruan, dan Kabupaten Malang memiliki nilai produk domestik regional bruto yang tinggi, sehingga mengakibatkan tingginya arus pergerakan manusia masuk ke wilayah-wilayah tersebut. Namun, jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di wilayah-wilayah tersebut relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh pengaruh variabel produk domestik regional bruto pada wilayah-wilayah tersebut tidak setinggi wilayah lainnya. Selain itu, terdapat variabel kepadatan penduduk dan angka melek huruf yang menunjukkan kecenderungan pergerakan manusia keluar wilayah-wilayah tersebut, namun memiliki nilai koefisien  $\beta$  yang rendah (*lihat* Tabel 4.6).

Tabel 4.6 Tabel nilai variabel dan koefisien  $\beta$  untuk Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Pasuruan, dan Kabupaten Malang

Variabel	$\beta$	Wilayah		
		Kabupaten Bojonegoro	Kabupaten Pasuruan	Kabupaten Malang
Produk Domestik Regional Bruto	0,82	69.703 M	103.152 M	66.545 M
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,09	653.686	803.73	1.337.805
Tingkat Pengangguran	0,09	4.92 %	6.24 %	5.49 %
Jumlah Kejahatan	0,04	391	459	1850
Kepadatan Penduduk	0,02	592/Km <sup>2</sup>	1090/Km	752/Km <sup>2</sup>
Angka Melek Huruf	0,005	69.703 M	103.152 M	66.545 M
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	-0,05	653.686	803.73	1.337.805
Upah Minimum Regional	-0,06	4.92 %	6.24 %	5.49 %

Kabupaten Jombang, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Jember termasuk dalam kategori risiko sedang pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19, namun termasuk dalam kategori risiko rendah pada nilai PageRank. Berdasarkan variabel yang paling berpengaruh terhadap pergerakan manusia, yaitu produk domestik regional bruto, Kabupaten Jombang, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Jember memiliki nilai produk domestik regional bruto yang lebih rendah dibandingkan wilayah lain, sehingga mengakibatkan rendahnya arus pergerakan manusia masuk

ke wilayah-wilayah tersebut. Hal ini disebabkan karena terdapat variabel lain yang menunjukkan kecenderungan arus pergerakan manusia masuk ke wilayah-wilayah tersebut, namun memiliki nilai koefisien  $\beta$  yang rendah. Variabel-variabel tersebut di antaranya adalah jumlah penduduk laki-laki dan jumlah kejahatan (*lihat* Tabel 4.7).

Tabel 4.7 Tabel nilai variabel dan koefisien  $\beta$  untuk Kabupaten Jombang, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Jember

Variabel	$\beta$	Wilayah		
		Kabupaten Jombang	Kabupaten Blitar	Kabupaten Jember
Produk Domestik Regional Bruto	0,82	27.657 M	24.945 M	52.586 M
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,09	664.605	616.511	1.264.968
Tingkat Pengangguran	0,09	7.48 %	3.82 %	5.12 %
Jumlah Kejahatan	0,04	1056	304	1061
Kepadatan Penduduk	0,02	1182/Km <sup>2</sup>	916/Km <sup>2</sup>	820/Km <sup>2</sup>
Angka Melek Huruf	0,005	95.54 %	94.62 %	87.28 %
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	-0,05	Rp 1.287.128	Rp 1.217.845	Rp 1.106.796
Upah Minimum Regional	-0,06	Rp 2.654.095	Rp 1.954.705	Rp 2.355.662

Kota Kediri termasuk dalam kategori risiko rendah pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19, namun termasuk dalam kategori risiko sedang pada nilai PageRank. Sebaliknya, Kota Malang termasuk dalam kategori risiko sedang pada jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19, namun termasuk dalam kategori risiko rendah pada nilai PageRank. Wilayah ini memiliki kondisi geografis yang serupa, yaitu dikelilingi oleh wilayah lain. Kota Kediri dikelilingi oleh Kabupaten Kediri, sedangkan Kota Malang dikelilingi oleh Kabupaten Malang. Berdasarkan variabel yang paling berpengaruh terhadap pergerakan manusia, yaitu produk domestik regional bruto, Kota Kediri hanya memiliki arus pergerakan manusia masuk yang berasal dari Kabupaten Kediri. Namun, walaupun Kabupaten Kediri memiliki jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 yang tinggi, Kota Kediri memiliki jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 yang rendah. Hal ini disebabkan oleh pengaruh variabel produk domestik regional bruto pada arus pergerakan manusia dari Kabupaten Kediri menuju Kota Kediri tidak setinggi wilayah lainnya. Selain itu, terdapat variabel jumlah penduduk laki-laki dan jumlah kejahatan yang menunjukkan kecenderungan pergerakan manusia dari Kota Kediri menuju Kabupaten Kediri, namun memiliki nilai koefisien  $\beta$  yang rendah (*lihat* Tabel 4.8).

Tabel 4.8 Tabel nilai variabel dan koefisien  $\beta$  untuk Kabupaten Kediri dan Kota Kediri

Variabel	$\beta$	Wilayah	
		Kabupaten Kediri	Kota Kediri
Produk Domestik Regional Bruto	0,82	28.490 M	84.374 M
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,09	825.867	143.616
Tingkat Pengangguran	0,09	5.24 %	6.21 %
Jumlah Kejahatan	0,04	862	558
Kepadatan Penduduk	0,02	1180/Km <sup>2</sup>	4524/Km <sup>2</sup>
Angka Melek Huruf	0,005	95.34 %	97.59 %
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	-0,05	Rp 1.163.680	Rp 1.231.415
Upah Minimum Regional	-0,06	Rp 2.008.504	Rp 2.060.925

Kota Malang hanya memiliki arus pergerakan manusia keluar menuju Kabupaten Malang. Hal ini mengakibatkan Kota Malang memiliki nilai PageRank yang rendah, padahal Kota Malang memiliki jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh terdapat variabel lain yang menunjukkan kecenderungan pergerakan manusia dari Kabupaten Malang menuju Kota Malang, namun memiliki nilai koefisien  $\beta$  yang rendah. Variabel-variabel tersebut di antaranya adalah tingkat pengangguran dan kepadatan penduduk (*lihat* Tabel 4.9).

Tabel 4.9 Tabel nilai variabel dan koefisien  $\beta$  untuk Kabupaten Malang dan Kota Malang

Variabel	$\beta$	Wilayah	
		Kabupaten Malang	Kota Malang
Produk Domestik Regional Bruto	0,82	66.545 M	51.154 M
Jumlah Penduduk Laki-Laki	0,09	1.337.805	419.901
Tingkat Pengangguran	0,09	5.49 %	9.61 %
Jumlah Kejahatan	0,04	1850	1006
Kepadatan Penduduk	0,02	752/Km <sup>2</sup>	5808/Km <sup>2</sup>
Angka Melek Huruf	0,005	95.34 %	97.59 %
Rata-Rata Pendapatan Pekerja Informal	-0,05	Rp 1.163.680	Rp 1.231.415
Upah Minimum Regional	-0,06	Rp 2.008.504	Rp 2.060.925

## 4.9 Implementasi Sistem

Sistem aplikasi berbasis web berhasil dibangun menggunakan kerangka kerja (*framework*) Django. Sistem aplikasi dikembangkan dengan Bahasa HTML dan CSS untuk sisi *front-end* dan Bahasa Pemrograman Python untuk sisi *back-end*. Sistem aplikasi dikembangkan dengan menggunakan DBMS (*Database Management System*) PostgreSQL.

Form Perhitungan dan Simulasi Modifikasi Graph PageRank

Wilayah : Jawa Timur

Tanggal : 22-06-2021 17.17.35

File Matriks OD : Choose File No file chosen

File Jumlah Kasus Terkonfirmasi Covid-19 : Choose File No file chosen

Submit

Riwayat Data Sebelumnya

Gambar 4.8 Tampilan antarmuka aplikasi untuk Form Perhitungan dan Simulasi

Gambar 4.8 menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi untuk memasukkan data berupa file matriks OD untuk kedelapan variabel dalam format *.xlsx* dan file jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 dalam format *.csv*. Selain itu, wilayah dapat dipilih melalui menu *drop-down* dengan pilihan yang tersedia, yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Bali. Wilayah pada aplikasi ini memiliki pilihan *default*, yaitu Jawa Timur.

Hasil Perhitungan dan Simulasi Modifikasi Graph PageRank

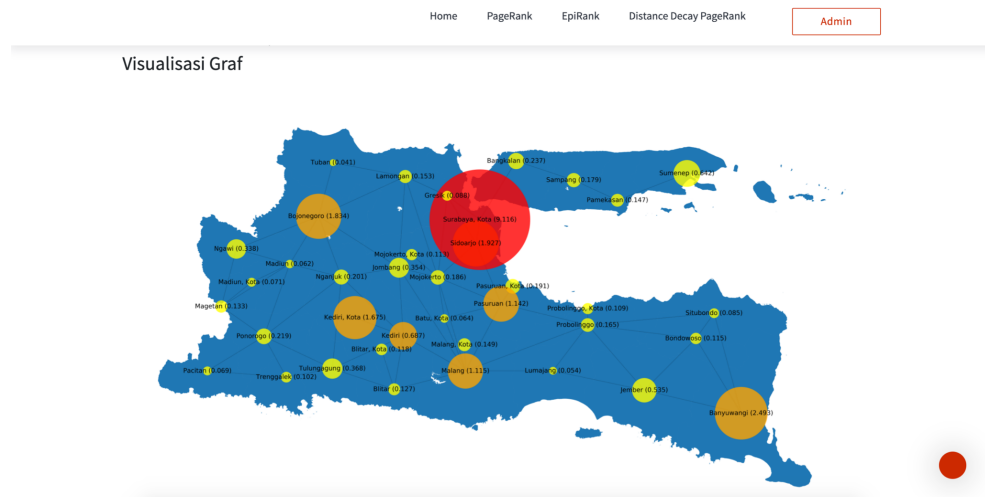
Wilayah : Jawa Timur

Peringkat	Kabupaten/Kota	Nilai PageRank	Kategori
1	Surabaya, Kota	9,116	Risiko Tinggi
2	Banyuwangi	2,493	Risiko Sedang
3	Sidoarjo	1,927	Risiko Sedang
4	Bojonegoro	1,834	Risiko Sedang
5	Kediri, Kota	1,675	Risiko Sedang
6	Pasuruan	1,142	Risiko Sedang
7	Malang	1,115	Risiko Sedang
8	Kediri	0,687	Risiko Sedang

Gambar 4.9 Tampilan antarmuka aplikasi untuk Hasil Perhitungan dan Simulasi

Gambar 4.9 menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi untuk hasil perhitungan Algoritme Modifikasi Graph PageRank dan kategori status risiko

setiap wilayah berdasarkan nilai PageRank dengan menggunakan teknik Head-Tail Breaks. Nilai PageRank dihitung berdasarkan masukan berupa file matriks OD pada halaman sebelumnya.



Gambar 4.10 Tampilan antarmuka aplikasi untuk Visualisasi Graf

Gambar 4.10 menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi untuk visualisasi graf dalam peta Provinsi Jawa Timur. *Node* merepresentasikan kabupaten, ukuran *node* merepresentasikan besaran nilai PageRank, dan warna *node* merepresentasikan kategori status risiko. Ukuran *node* dan warna *node* mengikuti data yang sudah dihitung berdasarkan masukan berupa file matriks OD pada halaman sebelumnya. *Node* akan memiliki warna merah jika wilayah yang bersesuaian dengan *node* tersebut memiliki kategori status risiko tinggi, warna oranye jika memiliki kategori status risiko sedang, dan warna kuning jika memiliki kategori status risiko rendah. Selain itu, nilai koefisien korelasi antara nilai PageRank dan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 juga dihitung dan ditampilkan pada halaman ini.

## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Pemodelan pergerakan manusia antarwilayah di Provinsi Jawa Timur dalam kaitannya dengan penyebaran Covid-19 berhasil dibentuk menggunakan Algoritme Modifikasi Graph PageRank yang dikembangkan dalam penelitian ini dan didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,867. Berdasarkan nilai koefisien  $\beta$  yang menunjukkan besaran pengaruh suatu variabel dalam perhitungan nilai PageRank secara keseluruhan, dihasilkan variabel-variabel dengan besaran pengaruh yang beragam. Variabel yang paling memberikan pengaruh terhadap pergerakan manusia antarwilayah, sekaligus memberikan pengaruh terhadap penyebaran Covid-19 di wilayah tersebut adalah produk domestik regional bruto dengan nilai koefisien  $\beta$  sebesar 0,82. Variabel-variabel lain yang juga memberikan pengaruh terhadap pergerakan manusia antarwilayah dan juga memberikan pengaruh terhadap penyebaran Covid-19 di wilayah tersebut adalah jumlah penduduk laki-laki, tingkat pengangguran, jumlah kejahatan, kepadatan penduduk, dan angka melek huruf dengan nilai koefisien  $\beta$  berturut-turut adalah 0,09; 0,09; 0,04; 0,02; dan 0,005.

### 5.2 Saran

Penelitian ini masih terbatas pada *edge* yang menghubungkan antarwilayah yang tidak memiliki bobot antar-*node*-nya. Pemberian bobot pada *edge* saat pembentukan matriks *origin-destination* (OD) akan membuat model lebih dinamis dan diharapkan bisa menggambarkan realitas pergerakan manusia yang sesungguhnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BIG] Badan Informasi Geospasial. Download Rupa Bumi Indonesia. [Diakses 2020 Des 4]. <https://portal.ina-sdi.or.id/downloadaoi/>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021*. Sidoarjo: BPS Provinsi Jawa Timur
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. *Profil Penduduk Lanjut Usia Provinsi Jawa Timur*. Sidoarjo: BPS Provinsi Jawa Timur
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Pendidikan Provinsi Jawa Timur*. Sidoarjo: BPS Provinsi Jawa Timur
- Brin S dan Page L. 1998. The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*. 30(1–7): 107–117. doi: 10.1016/S0169-7552(98)00110-X.
- Buja A, Paganini M, Cocchio S, Scioni M, Rebba V, Baldo V. 2020. Demographic and socio-economic factors, and healthcare resource indicators associated with the rapid spread of Covid-19 in Northern Italy: an ecological study. *PLoS ONE*. 15(12): e0244535. doi: 10.1371/journal.pone.0244535.
- Bwire GM. 2020. Coronavirus: Why men are more vulnerable to Covid-19 than women?. *SN Comprehensive Clinical Medicine*. doi: 10.1007/s42399-020-00341-w.
- Chin W dan Wen T. 2015. Geographically Modified Pagerank Algorithms: identifying the spatial concentration of human movement in a geospatial network. *PLoS ONE*. 10(10): e0139509. doi: 10.1371/journal.pone.0139509.
- [CNN] Kasus Corona melonjak, Jatim tertinggi per 9 Mei. 2020 Mei 10. CNN Indonesia. Rubrik Nasional. [Diakses 2020 Des 4]. <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20200510011524-20-501685/kasus-corona-melonjak-jatim-tertinggi-per-9-mei>
- Dewi NCS. 2018. Faktor-faktor yang memengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated [Skripsi]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fitriani R dan Jaya IGNM. 2020. Spatial modeling of confirmed Covid-19 pandemic in East Java Province by Geographically Weighted Negative Binomial Regression. *Commun. Math. Biol. Neurosci*. 2020: (2020).
- García CN. 2021. Socioeconomic, demographic and healthcare determinants of the Covid-19 pandemic: an ecological study of Spain. *BMC Public Health*. (2021) 21:606. doi: 10.1186/s12889-021-10658-3.
- Gennaro FD, Pizzol D, Marotta C, Antunes M, Racalbutto V, Veronese N, Smith L. 2020. Coronavirus Diseases (Covid-19) current status and future perspectives: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17, 2690. doi: 10.3390/ijerph17082690.
- Hadi AG, Kadhom M, Hairunisa N, Yousif E, Mohammed SA. 2020. A review on Covid-19—origin, spread, symptoms, treatment, and prevention. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 10(6): 7234–7242. doi: 10.33263/BRIAC106.72347242.
- Haibo M, Shiyong C, Deguang W. 2010. Research of Pagerank Algorithm based on Transition Probability. *International Conference on Web Information Systems and Mining*. hlm 153–155. doi: 10.1109/WISM.2010.63.

- Haveliwala TH. 1999. Efficient computation of PageRank.
- Huang C, Chin W, Wen T, Fu Y, Tsai Y. EpiRank: Modeling bidirectional disease spread in asymmetric commuting networks. 2019. *Scientific Reports*. 9:5415. doi: 10.1038/s41598-019-41719-8.
- Jasper FWC, Shuofeng Y, Kin-Hang K, Kelvin KWT, Hin C, Jin Y, Fanfan X, Jieling L, Cyril CYY, Rosana WSP, *et al.*. 2020. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 Novel Coronavirus indicating person-to-person transmission a study of a family cluster. *Lancet*. 395(10223): 514–523. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30154-9.
- Jayson SJ, Xin L, Yun Y, Ge X, Jianmin J, Christakis NA. 2020. Population flow drives spatio-temporal distribution of Covid-19 in China. *Nature* 582. 389–394: (2020). doi: 10.1038/s41586-020-2284-y.
- Jiang B. 2013. Head/Tail Breaks: a new classification scheme for data with a heavy-tailed distribution. *Prof. Geogr.* 65(3): 482–494. doi: 10.1080/00330124.2012.700499.
- Jing C, Guangluan X, Yang W, Yuanben Z, Lei W, Xian S. 2018. Community detection in networks based on Modified Pagerank and stochastic block model. *IEEE Access*, 6, 77133–77144. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2873675.
- Kang D, Choi H, Kim J, Choi J. 2020. Spatial epidemic dynamics of the Covid-19 outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases*. 94(2020): 96–102. doi: 10.1016/j.ijid.2020.03.076.
- [KEMKES] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. [Diakses 2021 Jun 22]. <https://covid19.kemkes.go.id/category/situasi-infeksi-emerging/info-coronavirus/#.X7aUly2B1QI>
- [KOMPAS] Faizal A. 2020 Sep 1. Sempat jadi provinsi dengan kasus Covid-19 tertinggi, bagaimana kondisi Jatim kini?. Kompas Surabaya. Rubrik Regional. [Diakses 2020 Des 4]. <https://surabaya.kompas.com/read/2020/09/01/07271771/sempat-jadi-provinsi-dengan-kasus-covid-19-tertinggi-bagaimana-kondisi-jatim?page=all>
- [KPCPEN] Komite Penanganan Covid-19 dan Pemulihan Ekonomi Nasional. Peta Sebaran Kasus Per Provinsi. [Diakses 2021 Jun 25]. <https://covid19.go.id/peta-sebaran-covid19>
- Kumar D, Malviya R, Sharma PK. 2020. Corona Virus: a review of Covid-19. *Eurasian Journal of Medicine and Oncology*. 4(1): 8–25. doi: 10.14744/ejmo.2020.51418.
- Meloni S, Perra N, Arenas A, Gomez S, Moreno Y, Vespignani A. 2011. Modeling human mobility responses to the large-scale spreading of infectious diseases. *Scientific Reports*. 1, 62. doi: 10.1038/srep00062.
- Nayyar V. 2014. Gross domestic product growth correlations: multi country study with focus on China and India [Tesis]. Karlskrona: Blekinge Institute Of Technology.
- Page L, Brin S, Motwani R, Winograd T. 1999. The PageRank citation ranking bringing order to the web. *WWW 1999*.
- [PEMPROV JATIM] Jatim Tanggap Covid-19. Peta Sebaran Covid-19 Jatim. [Diakses 2021 Jun 25]. <http://infocovid19.jatimprov.go.id/#peta>



- Ramírez-Aldana R, Gomez-Verjan JC, Bello-Chavolla OY. 2020. Spatial analysis of Covid-19 spread in Iran: insights into geographical and structural transmission determinants at a province level. *PLoS Negl Trop Dis*. 14(11): e0008875. doi: 10.1371/journal.pntd.0008875.
- Shereen MA, Khan S, Kazmi A, Bashir N, Siddique R. 2020. Covid-19 infection origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of Advanced Research*. 24(2020): 91–98. doi: 10.1016/j.jare.2020.03.005.
- Shinghal T. 2020. A review of Coronavirus Disease-2019 (Covid-19). *The Indian Journal of Pediatrics*. 87(10223). doi: 10.1007/s12098-020-03263-6.
- Shiqin L, Sijia L, Cyrollah D, Rong Z, Mei Z, Aroona R, Pinjia L, Yuzheng Z, Zijun D, Ashuai D, *et al.*. 2020. SARS-CoV-2 mechanism of infection and emerging technologies for future prospects. *Rev Med Virol*. E2168. doi: 10.1002/rmv.2168.
- Shrestha N. 2020. Detecting multicollinearity in regression analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*. 8(2): 39–42. doi: 10.12691/ajams-8-2-1.
- Spandon G, de Carvalho ACPLF, Rodrigues JF Jr, Alves LGA. 2019. Reconstructing commuters network using machine learning and urban indicators. *Nature*. (2019) 9:11801. doi: 10.1038/s41598-019-48295-x.
- [SUARA] Perdana D. 2020 Maret 17. Gubernur afirmasi enam kasus positif Covid-19 pertama di Jatim. Suara Surabaya. [Diakses 2020 Des 4]. <https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2020/gubernur-afirmasi-enam-kasus-positif-covid-19-pertama-di-jatim/>
- Su B, Gan W, Li Y. 2020. Discovery of key nodes in social networks premised on PageRank Algorithm. *Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers*. hlm 26–28. doi: 10.1109/IPEC49694.2020.9115190.
- Tizzoni M, Bajardi P, Decuyper A, King GKK, Schneider CM, Blondel V, Smoreda Z, Gonzalez MC, Colizza V. 2014. On the use of human mobility proxies for modeling epidemics. *PLoS ONE*. 10(7): e1003716. doi: 10.1371/journal.pcbi.1003716.
- Unhale SS, Ansar QB, Sanap S, Thakhre S, Wadatkar S, Bairagi R, Sagrale S, Biyani KR. 2020. A review on Corona Virus (Covid-19). *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*. 6(4): 109–115.
- [WHO] World Health Organization. WHO Coronavirus Disease (Covid-19) Dashboard. [Diakses pada 2021 Jun 25]. <https://covid19.who.int/table>
- Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. 2020. Pathophysiology, transmission, diagnosis, and treatment of Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) a review. *The Journal of the American Medical Association*. 324(8): 782–793. doi: 10.1001/jama.2020.12839.
- Xing W dan Ghorbani A. 2004. Weighted PageRank Algorithm. *Conference on Communication Networks and Services Research*. hlm 305–314. doi: 10.1109/DNSR.2004.1344743.
- Yuan L, Zhi N, Yu C, Ming G, Yingle L, Nirmal KG, Li S, Yusen D, Jing C, Dane W, *et al.*. 2020. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*. 582 (7813): 557–560. doi: 10.1038/s41586-020-2271-3.

## **LAMPIRAN**

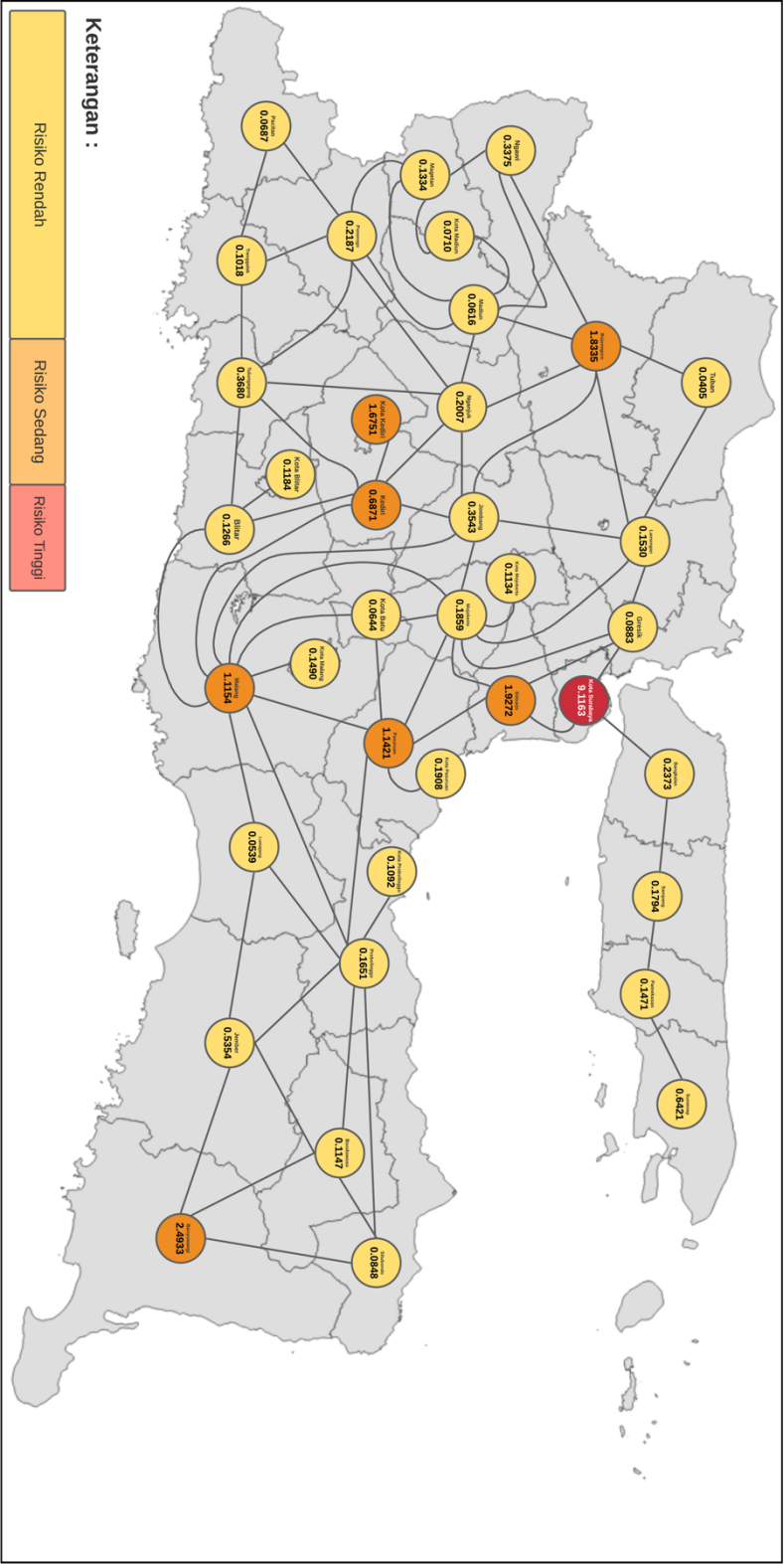
Lampiran 1 Jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 menurut wilayah per 20 Februari 2021 di Provinsi Jawa Timur

Peringkat	Kabupaten/Kota	Jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19	Kategori
1	Surabaya, Kota	20993	Risiko Tinggi
2	Sidoarjo	9689	Risiko Tinggi
3	Jember	6361	Risiko Sedang
4	Malang, Kota	5956	Risiko Sedang
5	Banyuwangi	5268	Risiko Sedang
6	Gresik	5060	Risiko Sedang
7	Blitar, Kabupaten	4232	Risiko Sedang
8	Jombang	4229	Risiko Sedang
9	Kediri, Kabupaten	3837	Risiko Sedang
10	Tuban	3118	Risiko Rendah
11	Pasuruan, Kabupaten	3033	Risiko Rendah
12	Probolinggo, Kabupaten	3008	Risiko Rendah
13	Nganjuk	2926	Risiko Rendah
14	Lumajang	2894	Risiko Rendah
15	Trenggalek	2761	Risiko Rendah
16	Ponorogo	2582	Risiko Rendah
17	Lamongan	2503	Risiko Rendah
18	Tulungagung	2422	Risiko Rendah
19	Situbondo	2337	Risiko Rendah
20	Magetan	2323	Risiko Rendah
21	Pacitan	2267	Risiko Rendah
22	Mojokerto, Kota	2261	Risiko Rendah
23	Malang, Kabupaten	2239	Risiko Rendah
24	Bojonegoro	2124	Risiko Rendah
25	Probolinggo, Kota	2098	Risiko Rendah
26	Bondowoso	2087	Risiko Rendah
27	Mojokerto, Kabupaten	2002	Risiko Rendah
28	Blitar, Kota	1941	Risiko Rendah
29	Sumenep	1708	Risiko Rendah
30	Bangkalan	1550	Risiko Rendah
31	Madiun, Kabupaten	1527	Risiko Rendah
32	Madiun, Kota	1340	Risiko Rendah
33	Ngawi	1325	Risiko Rendah
34	Batu, Kota	1259	Risiko Rendah
35	Pasuruan, Kota	1250	Risiko Rendah
36	Kediri, Kota	1139	Risiko Rendah
37	Pamekasan	1074	Risiko Rendah
38	Sampang	845	Risiko Rendah

## Lampiran 2 Nilai PageRank menurut wilayah di Provinsi Jawa Timur

<b>Peringkat</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>	<b>Nilai PageRank</b>	<b>Kategori</b>
1	Surabaya, Kota	9.11633	Risiko Tinggi
2	Banyuwangi	2.49339	Risiko Sedang
3	Sidoarjo	1.92729	Risiko Sedang
4	Bojonegoro	1.83350	Risiko Sedang
5	Kediri, Kota	1.67516	Risiko Sedang
6	Pasuruan, Kabupaten	1.14214	Risiko Sedang
7	Malang, Kabupaten	1.11540	Risiko Sedang
8	Kediri, Kabupaten	0.68713	Risiko Sedang
9	Sumenep	0.64219	Risiko Sedang
10	Jember	0.53544	Risiko Sedang
11	Tulungagung	0.36801	Risiko Rendah
12	Jombang	0.35438	Risiko Rendah
13	Ngawi	0.33752	Risiko Rendah
14	Bangkalan	0.23736	Risiko Rendah
15	Ponorogo	0.21874	Risiko Rendah
16	Nganjuk	0.20077	Risiko Rendah
17	Pasuruan, Kota	0.19081	Risiko Rendah
18	Mojokerto, Kabupaten	0.18596	Risiko Rendah
19	Sampang	0.17942	Risiko Rendah
20	Probolinggo, Kabupaten	0.16518	Risiko Rendah
21	Lamongan	0.15308	Risiko Rendah
22	Malang, Kota	0.14902	Risiko Rendah
23	Pamekasan	0.14715	Risiko Rendah
24	Magetan	0.13346	Risiko Rendah
25	Blitar, Kabupaten	0.12665	Risiko Rendah
26	Blitar, Kota	0.11840	Risiko Rendah
27	Bondowoso	0.11477	Risiko Rendah
28	Mojokerto, Kota	0.11346	Risiko Rendah
29	Probolinggo, Kota	0.10928	Risiko Rendah
30	Trenggalek	0.10185	Risiko Rendah
31	Gresik	0.08837	Risiko Rendah
32	Situbondo	0.08488	Risiko Rendah
33	Madiun, Kota	0.07103	Risiko Rendah
34	Pacitan	0.06875	Risiko Rendah
35	Batu, Kota	0.06443	Risiko Rendah
36	Madiun, Kabupaten	0.06163	Risiko Rendah
37	Tuban	0.04057	Risiko Rendah
38	Lumajang	0.01270	Risiko Rendah

Lampiran 3 Pembentukan graf di Provinsi Jawa Timur



## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kota Denpasar pada 18 Mei 1999 sebagai anak ke-3 dari pasangan Bapak Drs. Ketut Mangku dan Ibu Ni Ketut Arniti, S.E.. Pendidikan sekolah menengah atas (SMA) ditempuh di SMA Negeri 3 Denpasar dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S-1) di Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di IPB.

Selama mengikuti program S-1, penulis aktif menjadi pengurus di Himpunan Mahasiswa Ilmu Komputer Periode 2018/2019 dan Kesatuan Mahasiswa Hindu Dharma Periode 2017/2018 dan 2018/2019. Selain itu, penulis aktif menjadi asisten praktikum untuk Mata Kuliah Penerapan Komputer, Komputasi Numerik, Struktur Data, Analisis Algoritme, dan Kecerdasan Buatan.