

Pengaruh Mobilitas Masyarakat terhadap Tingkat Penambahan Jumlah Kasus COVID-19 di Surabaya

Gholiql Amroth Alawy¹, Achmad Wicaksono², Syaripin¹,
Adelia Nur Isna Kartikasari¹, dan Niswah Selmi Kaffa¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

gholi.teknik@unej.ac.id, wicaksono68@ub.ac.id, syaripin.teknik@unej.ac.id, nurisnaadelia@gmail.com,
selmi.kaffa@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak mobilitas penduduk dan kendaraan terhadap jumlah kasus COVID-19 di Surabaya serta menentukan jeda waktu (*time lag*) optimal antara pola mobilitas dan peningkatan kasus baru. Analisis regresi linier digunakan dengan variabel dependen (Y_i) berupa jumlah harian kasus positif COVID-19 dan variabel independen (X_i) berupa data mobilitas. Data mobilitas ini dikumpulkan dari titik-titik transportasi utama di Surabaya, yaitu Stasiun Kereta Api Gubeng, Terminal Bus Purabaya, dan Gerbang Tol Waru Utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pola peningkatan jumlah kasus COVID-19 yang sejalan dengan perubahan tingkat mobilitas masyarakat. Pada jeda waktu (*lag*) 0 hari, korelasi antara mobilitas dan kasus COVID-19 memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,719, namun meningkat menjadi 0,753 ketika menggunakan jeda waktu 15 hari ($lag = 15$). Hal ini menunjukkan bahwa fluktuasi mobilitas masyarakat di Surabaya memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap jumlah kasus COVID-19 dalam rentang waktu 15 hari setelahnya. Model regresi linier yang dibangun melalui proses seleksi *stepwise* memperlihatkan bahwa tingkat mobilitas di Gerbang Tol Waru Utama menjadi variabel prediktor paling signifikan, menjadikannya faktor penting dalam memahami dinamika penyebaran COVID-19 di wilayah ini.

Kata kunci: COVID-19, mobilitas, pemodelan, regresi linier, *time lag*

Abstract

This study aims to examine the impact of population and vehicle mobility on the number of COVID-19 cases in Surabaya and to determine the optimal time lag between mobility patterns and the increase in new cases. Linear regression analysis was conducted, with the daily number of positive COVID-19 cases as the dependent variable (Y_i) and mobility data as the independent variable (X_i). The mobility data were collected from transportation hubs, including Gubeng Train Station, Purabaya Bus Terminal, and the Waru Utama Toll Gate. The results indicate a pattern of increased COVID-19 cases that aligns with changes in mobility patterns. At a lag of 0 days, the correlation between mobility and COVID-19 cases has a coefficient of determination (R^2) of 0.719, which increases to 0.753 with a 15-day lag ($lag = 15$). This suggests that fluctuations in community mobility in Surabaya have a stronger impact on COVID-19 case numbers within a 15-day period afterward. The linear regression model, developed through a stepwise selection process, shows that the mobility level at the Waru Utama Toll Gate is the most significant predictor variable, making it an essential factor in understanding the COVID-19 transmission dynamics in the region.

Keywords: COVID-19, mobility, modeling, linear regression, time lag

1. Pendahuluan

Terdapat penemuan penyakit *pneumonia* baru pada tahun 2019 akhir di wilayah Wuhan, China (WHO, 2019). Penyakit akibat virus itu disebut COVID-19 yang telah menyebar secara eksponensial ke seluruh negara, termasuk Indonesia di Kota Depok pada awal Maret 2020 (Djalante et al., 2020). Kota Surabaya yang merupakan satu kota besar di Indonesia, juga mengalami penambahan jumlah kasus baru yang pesat pada awal pandemi. Penambahan kasus positif COVID-19 di Kota Surabaya meningkat menjadi 2.095 orang, yang awalnya hanya separuhnya yaitu 1.255 orang pada tanggal 20 – 25 Mei 2020 (Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19, 2021).

Penyebaran epidemi di suatu daerah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk mobilitas masyarakat, kondisi lingkungan, iklim, cuaca, serta penggunaan transportasi publik. Faktor iklim dan cuaca berupa suhu udara, kecepatan angin, dan curah hujan berperan signifikan dalam meningkatkan penyebaran virus (Hoogeveen et al., 2022). Selain itu, wilayah dengan kondisi lingkungan yang memiliki konsentrasi CO, NOX/NO, dan O₃ tinggi memiliki risiko infeksi tinggi (Tang et al., 2025). Sedangkan studi oleh Eisenmann (2021) menunjukkan penggunaan transportasi publik memberi dampak yang besar terhadap penyebaran kasus COVID-19 di Jerman.

Meskipun ada beberapa faktor yang mempengaruhi penyebaran penyakit, namun mobilitas masyarakat merupakan faktor utama penyebaran penyebaran

Info Makalah:

Dikirim : 10-25-24;

Revisi 1 : 03-10-25;

Diterima : 03-17-25.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-815-636-530-76

e-mail : gholi.teknik@unej.ac.id

virus dari daerah yang terjangkit virus (Iacus et al., 2020). Pada tahap awal penyebaran COVID-19, jumlah kasus baru di luar Kota Wuhan berkorelasi tinggi dengan pergerakan orang dari Wuhan menuju kota-kota tersebut (Kraemer et al., 2020). Selain itu, strategi WHO seperti penguatan pengawasan dan respons penyakit menular, regulasi perjalanan, serta penyebaran informasi kesehatan sangat relevan dalam mengendalikan penyebaran virus yang dibawa oleh pelaku perjalanan (Gezairy, 2003).

Besarnya kasus COVID-19 pada satu hari berhubungan erat dengan besarnya perilaku mobilitas pada beberapa hari sebelumnya (Carteni et al., 2020). Kebiasaan mobilitas (*mobility habits*) adalah variabel yang paling menjelaskan jumlah infeksi COVID-19 dibandingkan dengan variabel lainnya, yaitu populasi, jumlah tes, dan temperatur di suatu wilayah. Beberapa penelitian telah dilakukan dan mendapatkan jeda waktu (*time-lag*) antara 7-21 hari (Linka et al., 2020; Pandey et al., 2020; Shirvani et al., 2020) bervariasi sesuai dengan kondisi dan perilaku perjalanan masyarakat di setiap wilayah studi. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa tingginya mobilitas masyarakat mencerminkan tingkat interaksi antarindividu, sehingga mobilitas secara tidak langsung berkontribusi terhadap peningkatan kasus COVID-19 di suatu daerah.

Jumlah kasus COVID-19 di Surabaya pada tahun 2020 sangat dipengaruhi oleh besarnya mobilitas masyarakat di angkutan bus, angkutan kereta api, dan di jalan tol (Alawy et al., 2021). Tingginya korelasi antara jumlah kasus COVID-19 dan tingkat mobilitas orang atau kendaraan membuka peluang untuk menganalisis hubungan serta melakukan pemodelan di antara keduanya.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jumlah kasus COVID-19 pada hari tertentu terhadap jumlah mobilitas masyarakat pada beberapa hari sebelumnya. Ruang lingkup dari penelitian ini adalah di Kota Surabaya yang memiliki jumlah kasus yang tinggi dan mobilitas tinggi di Jawa Timur. Penelitian ini memiliki hasil yang dapat membantu pemangku kebijakan pada tingkat pusat hingga daerah dalam menentukan kebijakan terkait transportasi pada masa pandemi atau epidemi yang serupa pada tahun-tahun berikutnya.

2. Metode

Wilayah studi dalam penelitian ini mencakup Kota Surabaya, yang berperan sebagai pusat penyebaran virus *corona* di Provinsi Jawa Timur sekaligus menjadi pusat pergerakan dan aktivitas utama di provinsi tersebut. Lingkup waktu penelitian ini adalah pada awal kebijakan Adaptasi Kebiasaan Baru (*new normal*) di Kota Surabaya dikeluarkan yaitu dimulai 9 Juni 2020 hingga 31 Desember 2020. Pada fase ini korelasi antara kedua variabel sangat erat (Alawy et al., 2021) dan merupakan fase yang akan berjalan lebih panjang dibanding fase-fase lainnya. Model yang digunakan pada studi ini adalah model regresi linear berganda. Selain itu, terdapat analisis untuk mencari berapa waktu jeda (*time-lag*) antara jumlah mobilitas dan jumlah kasus COVID-19.

2.1. Data dan Metodologi

Penelitian ini menggunakan data yang dihimpun dari instansi-instansi terkait yang menyediakan data. Data yang dikumpulkan mencakup jumlah kasus positif COVID-19 serta data mobilitas yang terjadi pada moda transportasi bus, kereta api, dan jalan tol seperti ditunjukkan pada

Tabel 1. Data dan Sumbernya

No.	Instansi/Lembaga	Data
1	PT. Jasa Marga Cabang Surabaya- Gempol	Kendaraan yang melintasi Gerbang Tol Waru Utama
2	Dinas Perhubungan (DISHUB) Kota Surabaya	Penumpang bus di Terminal Bus Purabaya Bus yang beroperasi di Terminal Bus Purabaya
3	PT. Kereta Api Indonesia (KAI) DAOP VIII Surabaya	Penumpang Stasiun Gubeng di Surabaya
4	Kementerian Kesehatan Republik Indonesia	Kasus positif COVID-19 di Kota Surabaya

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2024

a. Jumlah Kasus COVID-19

Kasus terkonfirmasi positif COVID-19 pertama di Kota Surabaya dideteksi pada tanggal 17 Maret 2020. Data jumlah kasus positif COVID-19 didapatkan dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melalui Laporan Gugus Tugas Percepatan COVID-19 (Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19, 2021). Data yang digunakan adalah jumlah kasus terkonfirmasi positif COVID-19, sedangkan untuk data pasien sembuh, pasien meninggal, dan lainnya tidak digunakan dalam penelitian ini.

Persebaran COVID-19 di Kota Surabaya meningkat hingga 2 kali lipat pada awal masa pandemi, tanggal 20-25 Mei 2020. Hal ini disebabkan karena besarnya mobilitas masyarakat menjelang Hari Raya Idul Fitri 1441 H. Seiring berjalannya waktu, penambahan jumlah kasus semakin berkurang, sehingga kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) tidak diberlakukan dan diganti kebijakan Adaptasi Kebiasaan Baru (AKB). Data harian jumlah kasus COVID-19 di Kota Surabaya pada tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 1(a).

b. Mobilitas Penumpang di Angkutan Bus

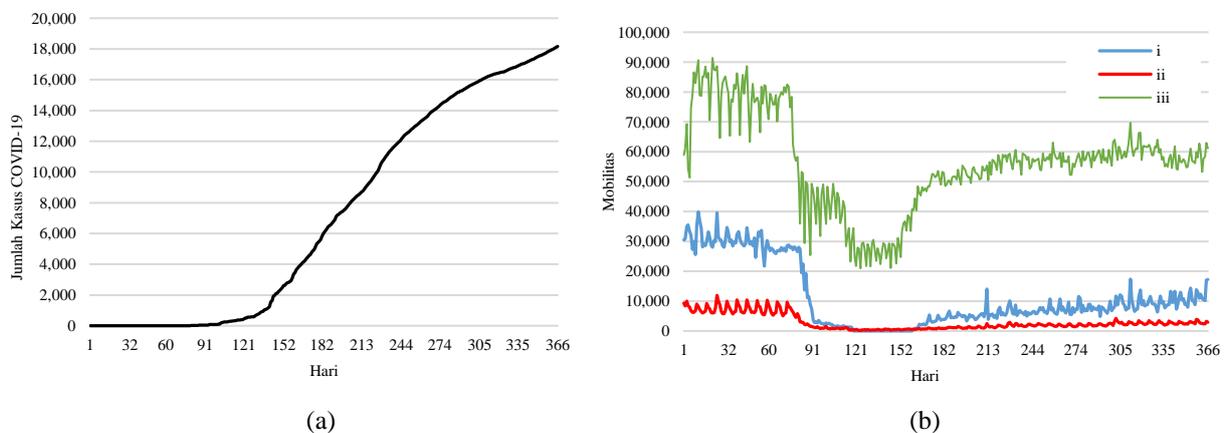
Data mobilitas angkutan bus di masa pandemi COVID-19 didapatkan dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya (Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2020). Data tersebut meliputi jumlah bus dan penumpang yang datang dan berangkat tiap harinya. Pada penelitian ini, mobilitas angkutan bus di Surabaya diwakili oleh mobilitas di Terminal Purabaya. Lokasi ini dipilih karena merupakan simpul transportasi darat paling ramai di wilayah Surabaya Raya, sehingga memiliki arus lalu lintas paling padat dibanding terminal bus lainnya. Pada masa pandemi, angkutan bus sempat tidak beroperasi, yaitu pada masa PSBB tanggal 28 April – 8 Juni 2020. Pada tanggal 9 Juni 2020 kebijakan PSBB dihilangkan, sehingga angkutan bus dapat kembali beroperasi. Data harian jumlah penumpang yang berangkat dari Terminal Purabaya pada tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 1(b), garis i.

c. Mobilitas Penumpang di Angkutan Kereta Api

Selain data di angkutan bus, data di angkutan kereta api juga digunakan untuk mewakili mobilitas angkutan umum di Surabaya. Data mobilitas angkutan kereta api di masa pandemi COVID-19 didapatkan dari PT. KAI Daerah Operasi VIII Surabaya (PT. Kereta Api Indonesia DAOP VIII Surabaya, 2020). Data yang didapatkan jumlah penumpang yang naik tiap harinya di stasiun paling ramai di Surabaya, yaitu Stasiun Gubeng. Pada masa pandemi, angkutan kereta api selalu beroperasi, namun pada masa *lockdown* (PSBB) hanya kereta api lokal yang beroperasi. Data harian jumlah penumpang yang berangkat dari Stasiun Gubeng pada tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 1(b), garis ii.

d. Mobilitas Kendaraan di Pintu Tol

Mobilitas non angkutan umum atau mobilitas oleh kendaraan pribadi yang digunakan sebagai input model adalah besarnya mobilitas yang melewati jalan tol. Data mobilitas kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup jumlah kendaraan yang memasuki Kota Surabaya melalui Gerbang Tol Waru Utama yang merupakan gerbang utama untuk masuk atau keluar Kota Surabaya, serta volume lalu lintasnya tertinggi dibanding gerbang tol lainnya. Data jumlah kendaraan yang melewati tol didapatkan dari PT. Jasa Marga cabang Surabaya – Gempol (PT. Jasa Marga Cabang Surabaya Gempol, 2020). Kendaraan yang melewati tol juga mengalami penurunan akibat pandemi COVID-19, namun tidak terlalu parah dibanding pada angkutan umum. Data harian jumlah penumpang yang melewati gerbang Tol Gubeng pada tahun 2020 ditunjukkan pada gambar 4 (b), garis iii.



Gambar 1. Data Harian (a) Total Kasus COVID-19 dan Kasus Baru Harian dan (b) Mobilitas Masyarakat di Surabaya pada Tahun 2020

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2024

2.2. Model Regresi Linear Berganda

Regresi linear adalah salah satu model statistik yang paling umum digunakan dalam analisis prediksi pada *machine learning* (Rustam et al., 2020). Pada metode regresi linear terdapat variabel dependen dan independen. Jika regresi linear menggunakan lebih dari 1 variabel independen, maka metode ini disebut dengan metode regresi linear berganda (*multiple linear regression*) (Freedman, 2009).

Hasil dari penelitian sebelumnya, jumlah kasus COVID-19 berkorelasi tinggi terhadap mobilitas masyarakat di Surabaya (Alawy et al., 2021). yaitu:

- Mobilitas di Stasiun Kereta Api Gubeng, yaitu banyaknya penumpang yang naik di stasiun.
- Mobilitas di Gerbang Tol Waru Utama, yaitu banyaknya orang yang melewati gerbang tol
- Mobilitas di Terminal Purabaya, yaitu banyaknya penumpang yang naik bus dan banyaknya bus yang beroperasi

di terminal.

Model regresi yang dibentuk memiliki variabel terikat berupa jumlah kasus COVID-19 dan variabel bebas berupa jumlah mobilitas di Surabaya, sehingga persamaan yang digunakan:

$$Y_i = a + b_1 \cdot X1_{i-x} + b_2 \cdot X2_{i-x} + b_3 \cdot X3_{i-x} + b_4 \cdot X4_{i-x} \quad (1)$$

dengan:

- Y adalah variabel terikat yaitu jumlah kasus positif COVID-19 yang terdeteksi di wilayah pada hari ke- i ;
- $X1_{i-x}$ adalah besarnya mobilitas orang (penumpang) yang masuk ke Surabaya menggunakan angkutan Bus di Terminal Purabaya.
- $X2_{i-x}$ adalah besarnya mobilitas bus yang keluar dari Surabaya di Terminal Purabaya.
- $X3_{i-x}$ adalah besarnya mobilitas orang (penumpang) yang naik kereta api di Stasiun Kereta Api Gubeng.
- $X4_{i-x}$ adalah besarnya mobilitas orang (penumpang) yang melewati Gerbang Tol Waru Utama.

b_1, b_2, \dots, b_n adalah koefisien setiap variabel bebas dan a adalah konstanta. $i-x$ pada variabel bebas menunjukkan bahwa data mobilitas yang digunakan adalah pada " x " hari sebelumnya. Variabel ini mengukur keadaan yang diselidiki dalam penelitian ini bahwa jumlah kasus positif COVID-19 dalam satu hari berhubungan langsung dengan kebiasaan mobilitas yang dilakukan " x " hari sebelumnya. Besarnya " x " ini menunjukkan *time-lag* yang terjadi antara variabel mobilitas dan jumlah kasus COVID-19. Pembuatan model diaplikasikan untuk $x = 0$ sampai 21 hari, sehingga dapat diketahui mobilitas pada berapa ke-0 sampai ke-21 hari sebelumnya yang paling mempengaruhi besarnya jumlah kasus positif COVID-19.

Proses pembuatan model dibantu dengan perangkat lunak dan menggunakan metode *stepwise selection*. Sedangkan penentuan model yang paling baik adalah dengan uji validitas menggunakan nilai koefisien determinasi R^2 nilai t , dan uji signifikansi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Mobilitas di Surabaya saat Pandemi COVID-19

Laporan dari Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19, kasus COVID-19 pertama di Indonesia ditemukan di Depok, Jawa Barat pada tanggal 3 Maret 2020. Virus *corona* terus menyebar hingga masuk ke Surabaya pada tanggal 17 Maret 2020 dan mengakibatkan pembuatan kebijakan pembatasan sosial dan transportasi. Pada 22 April 2020 pemerintah daerah Provinsi Jawa Timur mengeluarkan kebijakan PSBB untuk wilayah Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo. Kebijakan ini membuat seluruh aktivitas masyarakat di luar dibatasi dan beberapa fasilitas umum ditutup sementara.

Adanya kebijakan PSBB dan berbagai kebijakan lanjutan setelahnya, membuat mobilitas masyarakat di luar rumah memiliki fase yang berbeda-beda. Perubahan pola perjalanan tiap fase dibagi menjadi 5 fase (Alawy et al., 2021). Pembagian dan waktu tiap fase mobilitas masyarakat di Kota Surabaya pada tahun 2020 ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada kondisi normal yaitu ketika virus *corona* belum masuk di Surabaya, mobilitas masyarakat masih berjalan normal seperti tahun-tahun sebelumnya, Mobilitas masyarakat mengalami penurunan ketika terdapat kasus pertama di Surabaya (17 Maret 2020), kondisi ini disebut masa awal pandemi atau "Fase 1". Mobilitas masyarakat terus menurun secara drastis karena kebijakan PSBB oleh pemerintah daerah untuk pembatasan sosial dan penutupan beberapa fasilitas publik. Pada "Fase 2" ini mobilitas mencapai titik terendahnya.

Pada awal Juni tahun 2020, pemerintah melalui kebijakan transportasinya mengurangi pembatasan sosial dan menginisiasi penerapan Adaptasi Kebiasaan Baru (AKB). Transportasi umum sudah dapat beroperasi kembali serta fasilitas umum lainnya sudah mulai dibuka. Fase ini merupakan transisi antara kondisi pembatasan sosial total pada fase PSBB dan kondisi mulai dilonggarkannya pembatasan sosial fase AKB, fase ini disebut "Fase 3". Meskipun sudah mulai memiliki tren yang naik, namun mobilitas pada fase ini masih sangat rendah dibandingkan saat kondisi normal (Gambar 2), yaitu 11,8 % untuk mobilitas di bus, 11,85% untuk mobilitas di kereta api, dan 81,96% untuk mobilitas di jalan tol.

Tabel 2. Waktu Tiap Fase Mobilitas di Surabaya

No	Fase	Waktu
1	Kondisi normal (F0)	1 Januari – 16 Maret 2020
2	Awal pandemi COVID-19 (F1)	17 Maret – 21 April 2020
3	Pembatasan Sosial Berskala Besar (F2)	22 April – 5 Juni 2020
4	Transisi Adaptasi Kebiasaan Baru (F3)	9 Juni – 8 Juli 2020
5	Adaptasi Kebiasaan Baru (F4)	9 Juli – 31 Desember 2020

Sumber: Alawy, G. A. et al., 2021.

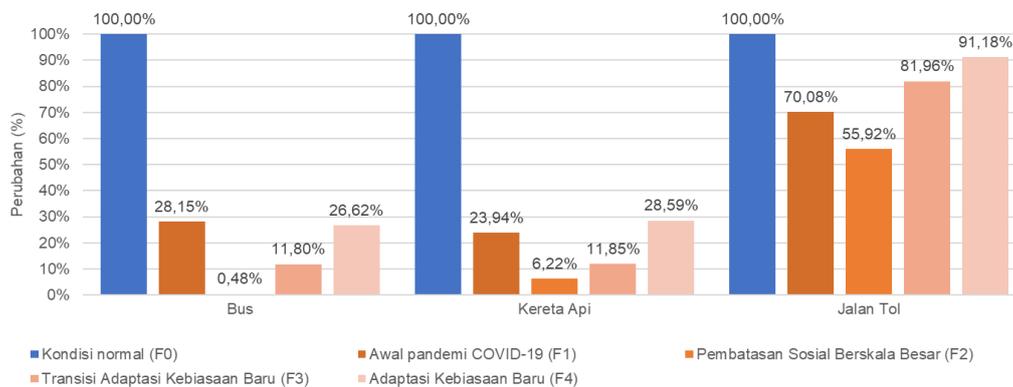
Setelah kebijakan AKB dikeluarkan, yaitu pada fase transisi AKB dan AKB jumlah kasus positif COVID-19 dan mobilitas memiliki korelasi yang sangat tinggi sesuai dengan

Tabel 3. Empat variabel bebas yang akan menjadi input pemodelan memiliki nilai koefisien korelasi (R) yang besar terhadap variabel jumlah kasus positif COVID-19 pada masa transisi AKB. Selain itu, nilai Signifikansinya juga

	Variabel	Korelasi	Sig. (2-tailed)
X1	Penumpang yang datang ke Terminal Purabaya (orang)	0.765	< 0.001
X2	Bus yang berangkat dari Terminal Purabaya (kendaraan)	0.761	< 0.001
X3	Penumpang yang naik dari Stasiun Pasar Turi (orang)	0.841	< 0.001
X4	Orang yang melewati Gerbang Tol Waru Utama (orang)	0.834	< 0.001

sangat rendah, sehingga variabel-variabel ini dapat digunakan sebagai input pemodelan.

Meskipun besarnya mobilitas pada fase ini masih cukup rendah dibandingkan saat kondisi normal (Gambar 2), namun korelasi dengan jumlah kasus positif COVID-19 sangat tinggi. Hasil dari korelasi ini dapat diimplikasikan bahwa semakin tinggi mobilitas masyarakat maka semakin tinggi juga jumlah kasus positif COVID-19 di Surabaya pada awal-awal fase AKB. Kejadian ini disebabkan karena pelonggaran aktivitas masyarakat di luar rumah oleh pemerintah, sehingga perilaku masyarakat cenderung melakukan perjalanan setelah berbulan-bulan dipaksa untuk beraktivitas di rumah saja.



Gambar 2. Persentase Mobilitas pada Setelah Pandemi Dibanding dengan Kondisi Normal

Sumber: Hasil Analisis Data, 2024

Tabel 3. Korelasi Variabel Jumlah Kasus COVID-19 dan Variabel Mobilitas

	Variabel	Korelasi	Sig. (2-tailed)
X1	Penumpang yang datang ke Terminal Purabaya (orang)	0.765	< 0.001
X2	Bus yang berangkat dari Terminal Purabaya (kendaraan)	0.761	< 0.001
X3	Penumpang yang naik dari Stasiun Pasar Turi (orang)	0.841	< 0.001
X4	Orang yang melewati Gerbang Tol Waru Utama (orang)	0.834	< 0.001

Sumber: Hasil Analisis Data, 2024

3.2. Pengaruh Mobilitas terhadap Jumlah Kasus COVID-19

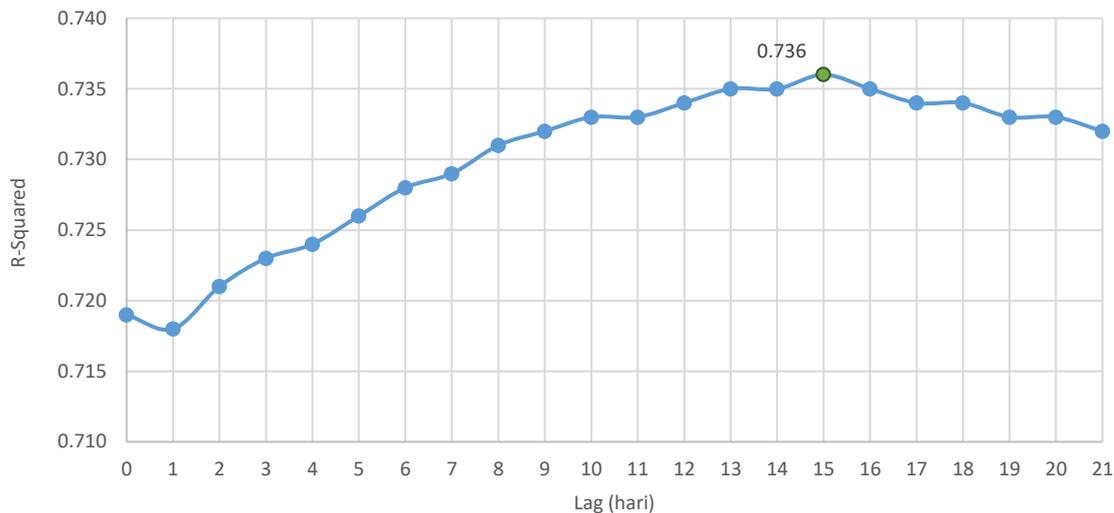
Penularan virus dari penderita COVID-19 melalui interaksi dengan individu yang belum terinfeksi memiliki jeda waktu hingga orang tersebut dinyatakan positif COVID-19. Jumlah kasus COVID-19 dipengaruhi oleh mobilitas yang terjadi beberapa hari sebelumnya. Jeda waktu ini, atau yang disebut sebagai "*lag-time*," menggambarkan bahwa seseorang yang terinfeksi selama perjalanan baru akan terdeteksi positif setelah beberapa hari. *Lag-time* juga dikenal sebagai "*positivity detection rate*" dan ditentukan dengan mencocokkan variabel kasus COVID-19 dengan variabel mobilitas yang diatur pada interval waktu berbeda (Carteni et al., 2020; Shirvani et al., 2020).

Analisis ini dilakukan dengan menghitung koefisien determinasi (R^2) antara variabel bebas dan terikat. Estimasi dibuat melalui model regresi linier berganda pada Persamaan (1), dengan menghubungkan jumlah kasus positif COVID-19 sebagai variabel terikat dengan variabel-variabel mobilitas di Surabaya sebagai variabel bebas. Pencarian nilai koefisien determinasi dilakukan untuk variasi *lag* dari 0 hingga 21 hari. Misal pada *lag* = 0, model dibentuk menggunakan data jumlah kasus COVID-19 dan data mobilitas pada tanggal yang sama, misalnya 1 Juli 2020. Sementara pada *lag* = 1, model dibentuk menggunakan data jumlah kasus pada 2 Agustus 2020 dan data mobilitas pada 1 Agustus 2020. Proses ini diulang untuk setiap *lag* hingga tren korelasi menurun, yaitu pada *lag* 21 hari. Hasil dari analisis ini menentukan jeda waktu optimal ("x" hari sebelumnya) yang memberikan model terbaik berdasarkan nilai koefisien determinasi tertinggi.

Jangka waktu yang dipertimbangkan dalam pembuatan model adalah saat kebijakan Adaptasi Kebiasaan Baru dikeluarkan, yaitu dari 9 Juni 2020 sampai 31 Desember 2020. Jangka waktu ini dipilih karena pada fase ini mobilitas

dan jumlah kasus memiliki korelasi yang tinggi, serta penambahan jumlah kasus dan mobilitas sudah stabil. Kebiasaan mobilitas (*mobility habits*) adalah variabel yang paling menjelaskan jumlah infeksi COVID-19 (Carteni et al., 2020).

Nilai R^2 model mobilisasi dengan jumlah kasus COVID-19 menggunakan regresi linear untuk setiap hari dari $x = 0$ hari sampai $x = 21$ hari ditunjukkan pada Gambar 3. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah kasus positif berhubungan lebih besar terhadap mobilisasi kendaraan pada “ x ” hari-hari sebelumnya dibanding dengan mobilisasi kendaraan pada hari tersebut ($x = 0$) yang ditunjukkan dengan nilai R^2 . Nilai R^2 terus naik sampai x sama dengan 15 hari, lalu berkurang setelah lebih dari 15 hari. Dari hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa jumlah kasus positif COVID-19 di Surabaya memiliki hubungan yang erat terhadap mobilisasi kendaraan pada 15 hari sebelumnya.



Gambar 3. Nilai R^2 Setiap Model pada *Lag* 0 Sampai 21 Hari

Sumber: Hasil Analisis Data, 2024

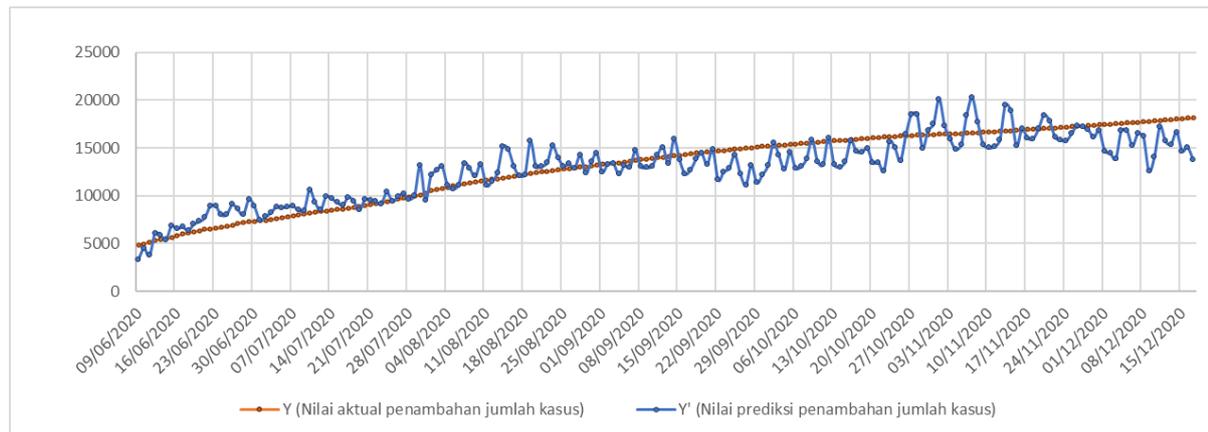
Hasil ini mengidentifikasi bahwa seseorang yang terinfeksi virus *corona* hingga melakukan pemeriksaan tes positif COVID-19 dan dinyatakan positif adalah sekitar 15 hari. Dari hasil pemodelan regresi linear dengan metode *Stepwise step*, nilai R^2 atau koefisien determinasi paling tinggi terjadi pada *lag* = 15 hari, yaitu 0,735 ($Adj R^2 = 0,732$). Hasil pemodelan jumlah kasus COVID-19 (Y_i) ditunjukkan pada Persamaan (2) sebagai berikut:

$$Y_i = 0,742 X_{1-i-15} + 0,489 X_{4-i-15} - 18.742,7-9620 Y_i = a + b_1 \cdot X_{1-i-x} + b_2 \cdot X_{2-i-x} + b_3 \cdot X_{3-i-x} \quad (2)$$

Dengan X_{1-i-15} adalah banyaknya bus yang datang ke Terminal Purabaya pada 15 hari sebelumnya dan X_{4-i-15} adalah banyaknya orang yang melewati Gerbang Tol Waru Utama pada 15 hari sebelumnya. Hasil uji validasi model tersebut menghasilkan $F = 238,994$ dan $Sig. < 0,0001$. Setiap variabel yang merupakan prediktor pada model yang telah dibentuk memiliki $Sig. < 0,05$ dan lolos uji validitas.

Variabel yang berpengaruh pada pembentukan model tersebut hanya variabel X_1 dan X_4 . Variabel yang lainnya tidak dimasukkan ke dalam prediktor atau variabel bebas karena tidak memiliki signifikansi yang tinggi dan juga tidak dianggap logis untuk bisa mempengaruhi jumlahnya kasus COVID-19 di Surabaya. Dari hasil tersebut, variabel yang paling berpengaruh adalah banyaknya orang yang melewati jalan tol (X_{4-i-15}).

Model persamaan yang diperoleh dari analisis dapat dimanfaatkan untuk memproyeksikan jumlah kasus COVID-19 dengan menggunakan data dari variabel yang tersedia. Nilai aktual dan prediksi hasil pemodelan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kasus Positif COVID-19 Aktual dan Prediksi

Sumber: Hasil Analisis Data, 2024

Penelitian serupa terkait hubungan mobilitas dan COVID-19 sudah pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya mengungkapkan bahwa jeda waktu penyebaran virus bervariasi tergantung pada karakteristik wilayah dan metode analisis yang dipakai. Jeda waktu penyebaran virus di beberapa negara Eropa mencapai 17 hari (Linka et al., 2020), di Italia hingga 21 hari (Carteni et al., 2020), sedangkan di Tiongkok, jeda waktu penyebaran virus kurang dari 1 minggu (Shi & Fang, 2020), sedangkan di Iran adalah 8 hari (Shirvani et al., 2020). Hasil analisis di Surabaya menunjukkan jeda waktu (*lag-time*) sebesar 15 hari, yang kemungkinan berbeda karena adanya perbedaan metode analisis serta variabel-variabel yang digunakan.

Kesimpulan

Menyebarnya virus *corona* dan penyakit COVID-19 pada awal tahun 2020 di Surabaya mempengaruhi mobilitas kendaraan dan orang di Kota Surabaya. Selain dipengaruhi oleh kekhawatiran masyarakat terjangkit penyakit COVID-19, juga ada beberapa kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah untuk membatasi aktivitas di luar rumah. Kasus positif COVID-19 di Kota Surabaya pada masa Adaptasi Kebiasaan Baru (AKB) di tahun 2020 menunjukkan hubungan yang kuat dengan tingkat mobilitas orang dan kendaraan. Mobilitas di Jalan Tol menjadi faktor paling signifikan yang memengaruhi peningkatan jumlah kasus COVID-19. Selain itu, jumlah kasus tersebut juga dipengaruhi oleh tingkat mobilitas masyarakat beberapa hari sebelumnya. Dari hasil analisis didapatkan bahwa besarnya jumlah kasus positif dengan besarnya mobilitas memiliki jeda waktu 15 hari. Angka ini menunjukkan bahwa jumlah kasus positif COVID-19 di Surabaya pada suatu hari mobilitas masyarakat pada 15 hari sebelumnya. Pengembangan penelitian lebih lanjut lagi dengan menambahkan jenis variabel mobilitas orang atau kendaraan. Variabel mobilitas seperti jumlah kendaraan yang melintas di jalan raya non-tol, jumlah penumpang pesawat, dan jumlah penumpang kapal penumpang dapat ditambah agar didapatkan hasil yang lebih akurat. Selain itu, penelitian ini hanya melingkupi kondisi di satu wilayah, yaitu di Kota Surabaya. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengetahui waktu jeda di wilayah-wilayah lain di Jawa Timur berdasarkan data mobilitas di wilayah tersebut, sehingga dapat diketahui perbedaan di tiap wilayahnya.

Daftar Pustaka

- Alawy, G. A. et al. (2021). Correlation Between Mobility and COVID-19 Cases in Surabaya City, Indonesia. 4(2), 154–162.
- Carteni, A. et al. (2020). How mobility habits influenced the spread of the COVID-19 pandemic: Results from the Italian case study. *Science of the Total Environment*, 741, 140489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140489>
- Dinas Perhubungan Kota Surabaya. (2020). Data Arus Bus dan Penumpang AKAP AKDP Unit Terminal Purabaya Tahun 2020.
- Djalante, R. et al. (2020). Review and analysis of current responses to COVID-19 in Indonesia: Period of January to March 2020. *Progress in Disaster Science*, 6, 100091. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2020.100091>
- Eisenmann, C. et al. (2021). Transport mode use during the COVID-19 lockdown period in Germany: The car became more important, public transport lost ground. *Transport Policy*, 103, 60–67. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2021.01.012>
- Freedman, D. A. (2009). *Statistical models: theory and practice*. Cambridge University Press.
- Gezairy, H. A. (2003). Travel epidemiology: WHO perspective. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 21(2), 86–88. [https://doi.org/10.1016/S0924-8579\(02\)00365-5](https://doi.org/10.1016/S0924-8579(02)00365-5)

- Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19. (2021). Laporan Kasus Harian Satgas Penanganan COVID-19.
- Hoogeveen, M. J. et al. (2022). Environmental factors and mobility predict COVID-19 seasonality in the Netherlands. *Environmental Research*, 211, 113030. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.113030>
- Iacus, S. M. et al. (2020). Human mobility and COVID-19 initial dynamics. *Nonlinear Dynamics*, 101(3), 1901–1919. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05854-6>
- Kraemer, M. U. G. et al. (2020). The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6490), 493–497. <https://doi.org/10.1126/science.abb4218>
- Linka, K. et al. (2020). Global and local mobility as a barometer for COVID-19 dynamics. *MedRxiv : The Preprint Server for Health Sciences*, 1–26. <https://doi.org/10.1101/2020.06.13.20130658>
- Pandey, G. et al. (2020). SEIR and regression model based COVID-19 outbreak predictions in India. *ArXiv*, 1–10. <https://doi.org/10.1101/2020.04.01.20049825>
- PT. Jasa Marga Cabang Surabaya Gempol. (2020). Data Lalu Lintas Tol Surabaya Gempol Tahun 2020.
- PT. Kereta Api Indonesia DAOP VIII Surabaya. (2020). Volume Penumpang Surabaya Gubeng Tahun 2020.
- Rustam, F. et al. (2020). COVID-19 Future Forecasting Using Supervised Machine Learning Models. 8, 101489–101499. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2997311>
- Shi, Z., & Fang, Y. (2020). Temporal relationship between outbound traffic from Wuhan and the 2019 coronavirus disease (COVID-19) incidence in China. 81973144, 1–16. <https://doi.org/10.1101/2020.03.15.20034199>
- Shirvani, S. et al. (2020). Correlation between Air and Urban Travelling with New Confirmed Cases of COVID-19 A Case Study. *ArXiv Preprint ArXiv:2010.01413*.
- Tang, K. C. et al. (2025). Using GeoAI to examine infectious diseases spread in a hyperdense city: A case study of the 2022 Hong Kong COVID-19 Omicron wave. *Cities*, 158, 105600. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2024.105600>
- WHO. (2019). Pneumonia of unknown cause reported to WHO China Office.