

EAST JAVA PROVINCE GRDP PROJECTION MODEL USING NIGHT-TIME LIGHT IMAGERY

Firman Afrianto^{*1,2}

¹PT. Sagamartha Ultima

²Ikatan Ahli Perencanaan Jawa Timur

ABSTRACT

Economic growth, regional development, and human activities are some of the things that are very strongly related and influence each other. Approaches to forecasting the growth of the three are mostly carried out using both conventional and non-conventional data. Utilization of Nighttime Light Imagery satellite imagery is included in a non-conventional approach to forecasting Gross Regional Domestic Product. This study applies the use of satellite imagery to predict the regional development of East Java Province, to find patterns of agglomeration and the formation of clusters of economic development in the future.

Keywords: GRDP, Nighttime Light Imagery, Regional Economic, Modelling

RIWAYAT ARTIKEL

Tanggal Masuk:

24 Agustus 2022

Tanggal Revisi:

19 September 2022

Tanggal Diterima:

25 September 2022

Tersedia Online:

30 September 2022

*Korespondensi:

Firman Afrianto

E-mail: firman.afr@gmail.com

com

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi, perkembangan wilayah, dan aktivitas manusia adalah beberapa hal yang sangat kuat berhubungan dan saling mempengaruhi. Pendekatan untuk meramalkan pertumbuhan ketiganya banyak dilakukan baik memakai data secara konvensional maupun non konvensional. Pemanfaatan citra satelit Nighttime Light Imagery termasuk dalam pendekatan non konvensional untuk meramalkan perkembangan PDRB dalam lingkup regional. Penelitian ini mengaplikasikan pemanfaatan citra satelit tersebut untuk meramalkan PDRB Provinsi Jawa Timur kedepan, menemukan pola aglomerasi yang akan terjadi dan bentuk kluster perkembangan ekonomi di masa yang akan datang.

Kata Kunci: PDRB, Nighttime Light Imagery, Ekonomi Regional, Model Proyeksi

JEL : R11; R15

Pendahuluan

Provinsi Jawa Timur termasuk dalam empat provinsi penyumbang terbesar bagi perekonomian Indonesia dengan tingkat pertumbuhan yang tidak berbeda jauh dengan tingkat nasional dan provinsi-provinsi besar lainnya di Jawa ([Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2021](#)). Struktur perekonomian Jawa Timur menurut lapangan usaha didominasi oleh tiga lapangan usaha utama, meliputi sektor industri pengolahan, perdagangan dan pertanian ([BPS Provinsi Jawa Timur, 2022](#)). Selama kurun waktu tahun 2011 hingga tahun 2021, kutub perekonomian Provinsi Jawa Timur dalam tinjauan besaran PDRB didominasi oleh 5 wilayah yaitu Kota Surabaya, Kabupaten Gresik, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Sidoarjo, dan Kota Kediri. Perkembangan PDRB di masing masing wilayah sangat dipengaruhi oleh faktor internal maupun eksternal. Kondisi terkini pada dua tahun yang lalu misalnya dimana pada Desem-

ber 2019, dunia sedang diguncang oleh adanya virus COVID-19 yang banyak menyebabkan kematian, sehingga pada tahun 2020 WHO menyatakan COVID-19 sebagai pandemi (Cavalcante da Silva dkk, 2021; Zargari dkk, 2022) mempengaruhi pertumbuhan perekonomian di Provinsi Jawa Timur. Provinsi Jawa Timur terkonfirmasi memiliki penyebaran dan angka kematian akibat COVID-19 cukup tinggi di Indonesia (Eppang dkk, 2021). Adanya pandemi COVID-19 ini berdampak besar pada perekonomian yang mengalami fluktuasi mulai tahun 2019 hingga 2022 ini. Perekonomian Jawa Timur turun signifikan mulai triwulan I tahun 2020, dan melonjak meningkat kembali pada triwulan II tahun 2021, namun kemudian mengalami sedikit penurunan di triwulan berikutnya. Dengan berbagai kebijakan dari Pemerintah terkait penanganan COVID-19, kinerja ekonomi Jawa Timur 2022 diperkirakan akan meningkat lebih tinggi lagi dibandingkan tahun 2021 (Bank Indonesia, 2022).

Studi terkait pertumbuhan ekonomi nasional telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti, tetapi studi terkait pertumbuhan ekonomi regional masih terbatas mengingat ketersediaan data yang cukup sulit (Liu, 2019). Pada umumnya, yang dipergunakan dalam meramalkan PDRB ini adalah data dari BPS yang *terpublish* menurut kurun waktu tertentu dengan cara survey sehingga cukup sulit untuk menemukan data yang tersedia secara harian. Pada beberapa penelitian Berbagai pendekatan banyak dilakukan baik memanfaatkan data secara konvensional ataupun melalui sumber sumber terkini misalnya Big Data maupun citra satelit. Pemanfaatan satelit bumi seperti *Night-Time Light* (NTL) dalam studi sosial ekonomi telah berkembang pesat selama dua dekade terakhir dengan berbagai topik, termasuk untuk membuat model estimasi dan/atau proyeksi pertumbuhan GDP (Sun dkk, 2007; Chen dan Nordhaus, 2011; Forbes, 2013; Li Xi dkk, 2013; Shi dkk, 2014; Levin dan Zhang, 2017; Lopez-Ruiz dkk, 2019; Wang dkk, 2019; Wang, Rafa, dkk, 2019; Pérez-Sindín dkk, 2021; McCord & Rodriguez-Heredia, 2022). Pemanfaatan data tersebut dapat digunakan untuk mengisi kelemahan studi terkait pertumbuhan ekonomi regional yang terbatas oleh data. Sebagian besar studi sosial ekonomi berdasarkan data NTL, dilakukan pada berbagai tingkat wilayah meliputi nasional atau regional (Liang dkk, 2020).

Penelitian-penelitian di dunia telah menguji hubungan antara NTL dengan GDP di lokasi yang berbeda dan menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang berbeda pula. Elvidge dkk (1997) mengawali penelitian terkait hubungan antara NTL dengan GDP yang menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,97, sejak saat itu semakin berkembang pesat penelitian terkait hal yang sama meliputi, Katayama dan Takeuchi (2014) menghasilkan R^2 sebesar 0,88, Liang dkk (2020) dengan nilai R^2 sebesar 0,77, dan baru-baru ini terdapat penelitian dari McCord & Rodriguez-Heredia (2022) yang menghasilkan R^2 sebesar 0,87. Penelitian ini mencoba untuk menilai hubungan antara NTL dengan tingkat Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di Provinsi Jawa Timur, sehingga pada tahap akhir dapat dirumuskan model proyeksi perkembangan PDRB di Provinsi Jawa Timur dan berikut tinjauan spasial terhadap pola aglomerasi dan kluster yang akan terjadi dimasa yang akan datang.

Peneliti berhipotesis bahwa faktor sosial seperti aktivitas manusia yang diwakili oleh angka NTL memiliki hubungan kuat untuk dapat memproyeksikan faktor ekonomi seperti PDRB masa depan di Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan hal tersebut maka, penelitian ini memiliki tujuan yang meliputi: (1) menguji hubungan antara data NTL dan PDRB, (2) merumuskan tren NTL sebagai bahan masukan proyeksi PDRB kedepan, serta (3) merumuskan model proyeksi PDRB di Provinsi Jawa Timur beserta perkiraan aglomerasi dan kluster yang akan terjadi. Peneliti berpendapat bahwa, kajian ini adalah kajian pertama yang mempelajari hubungan NTL-PDRB secara khusus di Provinsi Jawa Timur.

Telaah Literatur

Pembangunan merupakan suatu proses menuju perubahan yang diupayakan terus menerus untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu indikator keberhasilan pelaksanaan pembangunan yang dapat dijadikan tolok ukur secara makro adalah pertumbuhan ekonomi yang dicerminkan dari perubahan PDRB dalam suatu wilayah (Supartoyo dkk, 2014). Pemodelan pertumbuhan ekonomi adalah alat penting dalam proses kebijakan, perencanaan dan penganggaran pemerintah di tingkat nasional dan daerah. Pemodelan pertumbuhan ekonomi telah dikembangkan secara khusus untuk meningkatkan pemahaman tentang dampak perubahan, seperti akibat adanya intervensi kebijakan pemerintah atau peristiwa insidental yang terjadi pada suatu wilayah. Model pertumbuhan ekonomi juga digunakan untuk peramalan kegiatan ekonomi di tingkat regional, dengan menggunakan model ekonometrika skala besar berdasarkan data *time series* (Western Cape Government, 2007).

Produk Domestik Bruto (PDB)

Pengukuran aktivitas ekonomi nasional atau regional paling sering diukur melalui Produk Domestik Bruto (PDB), sehingga menjadi salah satu metrik kemajuan ekonomi nasional maupun regional. Pengukuran PDB menjadi sesuatu yang penting untuk memantau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), dimana 18 dari 231 indikator unik yang mendasari SDGs memerlukan perkiraan PDB (McCord dan Rodriguez-Heredia, 2022). Selain itu, indikator seperti PDB dapat membantu menilai pertumbuhan dan dinamika pembangunan regional (Wang, Rafa, dkk, 2019; Cao dkk, 2020).

Night-Time Lights (NTL)

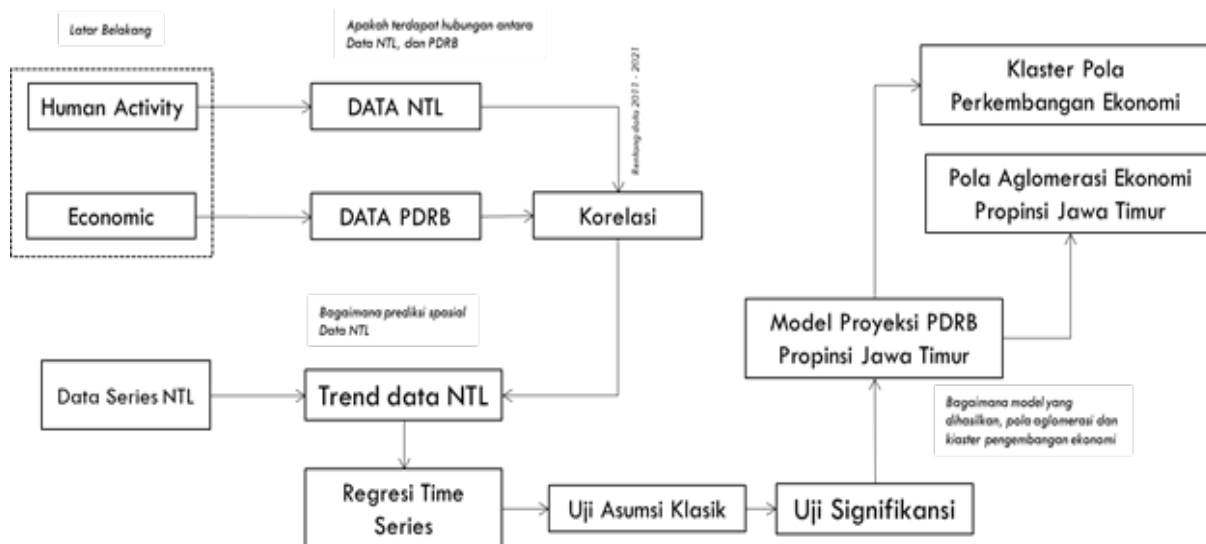
Satelit bumi telah melakukan pengamatan pada malam hari selama lebih dari 50 tahun, tetapi sejak arsip NTL didirikan pada tahun 1992 oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), para ilmuwan menemukan bahwa serangkaian satelit malam ini terus berkembang dan dapat dimanfaatkan (Gibson dan Boe-Gibson, 2021). NTL adalah salah satu produk data satelit yang paling dikenal luas, memberikan gambaran visual kehadiran manusia di seluruh permukaan bumi (Elvidge dkk, 2021). Para ilmuwan menemukan bahwa gambar malam hari melalui sensor *The Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP) – *Operational Linescan System* (OLS) dari *band Visible and Near-Infrared* (VNIR) dapat membantu para ilmuwan mengamati dan mendeteksi sumber polusi cahaya (misalnya, lampu kota, gas, dan kebakaran). Setelah DMSP-OLS, sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) menjadi sumber data terbaru yang lebih baik untuk menghasilkan data NTL (Wang, dkk, 2019). Dalam beberapa tahun terakhir, sensor VIIRS yang dilengkapi dengan *Day/Night Band* (DNB), telah mengungguli DMSP-OLS dalam banyak hal. Secara umum, VIIRS melebihi DMSP-OLS termasuk dalam hal rentang dinamis yang lebih besar, resolusi spasial yang lebih baik, dan batas deteksi yang lebih rendah (Elvidge dkk., 2013; Hillger dkk, 2013; Wang, Rafa, dkk, 2019). Polusi cahaya telah terbukti sangat bervariasi dalam skala ruang dan waktu, serta memiliki fungsi dalam mengidentifikasi beberapa aspek sosial dan ekonomi (Levin dan Zhang, 2017) termasuk dalam mengidentifikasi kondisi pembangunan ekonomi, sehingga intensitas NTL digunakan sebagai prediktor penting untuk spesialisasi PDB (Liang dkk, 2020).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data ekonomi sebagai data utama (variabel dependen) yaitu Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di tingkat Provinsi Jawa Timur, yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (gambar 1). PDRB-ADHK (atas dasar harga konstan) pada tahun 2011-2021. Peneliti menggunakan data aktivitas manusia (NTL) sebagai variabel independen.

NTL pada periode tahun 2011 – 2013 dihasilkan dari satelit DMSP-OLS dengan resolusi 1 kilometer, sedangkan mulai periode tahun 2014-2021, NTL dihasilkan dari satelit VIIRS dengan resolusi 375 meter. Perbedaan resolusi akan menghambat penelitian ini dikarenakan adanya unit analisis yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut maka, penelitian ini menggunakan dataset hasil penelitian dari [Li Xuecao dkk \(2020\)](#) yang telah melakukan harmonisasi NTL dari kedua satelit tersebut untuk menghasilkan resolusi yang sama yaitu 1 kilometer (Gambar 2).

Penelitian ini secara garis besar menggunakan pendekatan kuantitatif dan mengabungkan dengan proses spasial dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu pencapaian tujuan melalui proses statistik meliputi, (1) korelasi, (2) regresi, dan (3) prediksi atau estimasi (Gambar 1). Pada proses analisis, peneliti melakukan analisis korelasi untuk menguji hubungan potensial antara NTL dengan PDRB. Kemudian analisis *linear forecasting* data spasial NTL menggunakan kombinasi QGIS dan Microsoft Excell digunakan untuk mendapatkan data NTL di masa yang akan datang sebagai masukan bagi proyeksi PDRB nantinya dengan menggunakan data dalam satuan pixel. Tahap selanjutnya, peneliti melakukan Regresi *Time Series* dari data PDRB dan NTL dalam kurun waktu 2011-2021 untuk mendapatkan model yang baik. Pada tahap akhir, dilakukan transformasi data kedalam bentuk spasial dengan bantuan fungsi *Raster Calculator* pada QGIS untuk mendapatkan informasi pola aglomerasi. Kluster perkembangan PDRB di Provinsi Jawa Timur dihasilkan dari proses *KMeans Clustering* dalam Geoda.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

Analisis korelasi digunakan untuk meneliti sejauh mana hubungan keeratan antar variabel NTL dan PDRB. Koefien korelasi dilambangkan dengan angka koefisien dimana semakin mendekati nilai 1 maka dikatakan hubungan antar variabel sangat kuat. Koefisien korelasi digambarkan dalam persamaan berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (1)$$

Dimana:

r : Koefisien Korelasi

x : variabel independen (NTL)

y : variabel dependen (PDRB)

Analisis Regresi *Time Series* digunakan untuk meneliti pengaruh variabel independen (NTL) terhadap variabel dependen (PDRB). Model yang akan dihasilkan kemudian digunakan untuk peramalan di masa yang akan datang. Model regresi secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut:

$$\bar{Y}_t = a + bX \tag{2}$$

Dimana:

X : Variabel independen (NTL)

Y : Variabel dependen (PDRB)

a : Konstanta

b : Koefisien Regresi

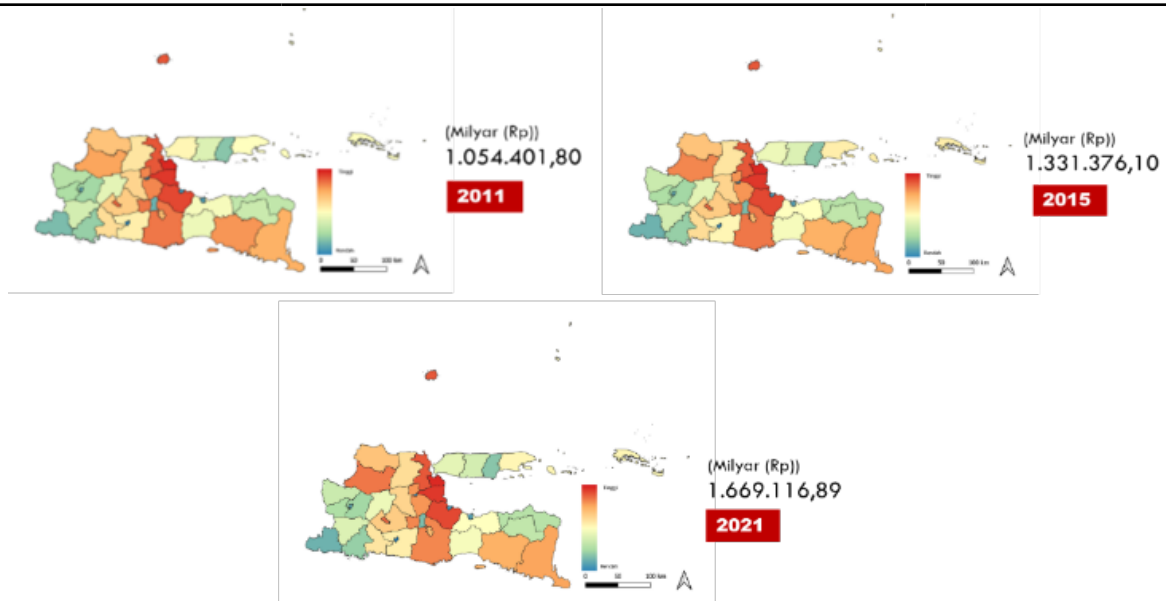
dengan

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{3}$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{4}$$

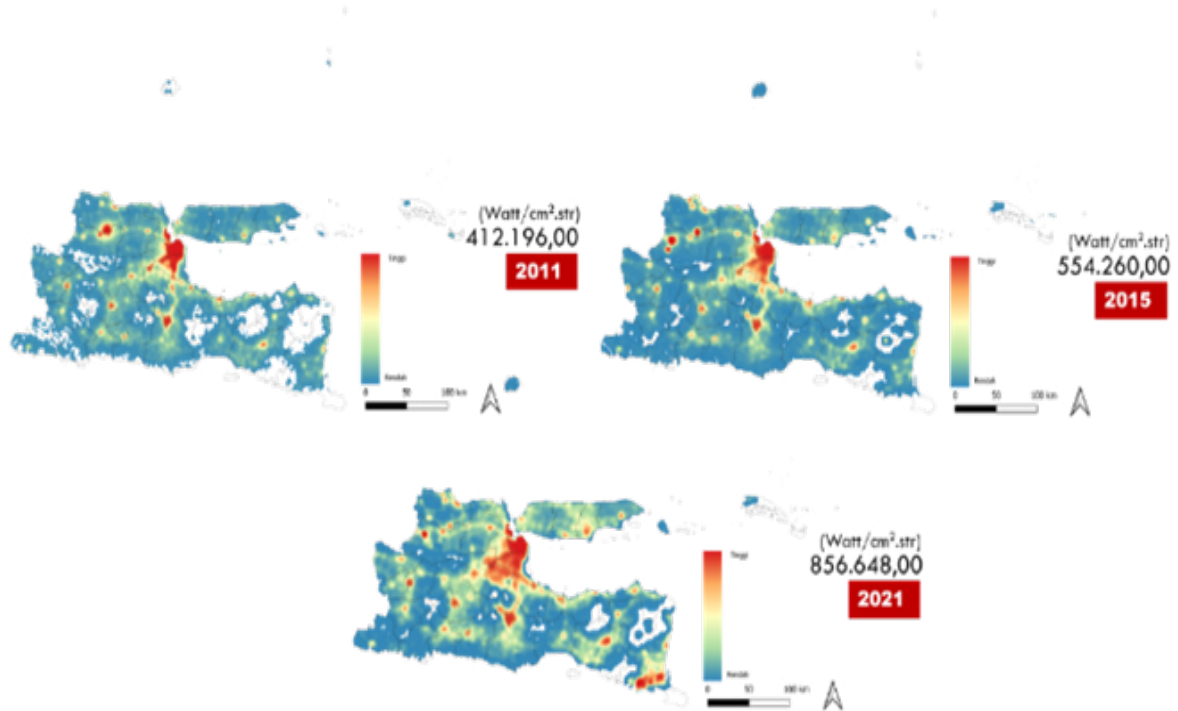
Tabel 1: Data Penelitian

Jenis Data	Sumber Data	Pengambilan
Produk Domestik Regional Bruto 2011 - 2021	BPS diunduh pada Source Url: https://jatim.bps.go.id/indicator/162/326/1/pdrb-adhk-2010.html	Access Time: May 13, 2022, 7:10 am
Nighttime Light Imagery	Harmonized of DMSP and VIIRS nighttime light data diunduh pada https://figshare.com/articles/dataset/Harmonization_of_DMSP_and_VIIRS_nighttime_light_data_from_1992-2018_at_the_global_scale/9828827/7	Access Time: May 13, 2022, 9:10 am
Batas Wilayah Provinsi Jawa Timur	GADM.org, diunduh pada https://gadm.org/download_country_v3.html	Access Time: May 13, 2022, 10:10 am



Sumber: BPS (2011 - 2021)

Gambar 2: PDRB ADHK Tahun 2011, 2015 dan 2021 di Provinsi Jawa Timur



Sumber: Li Xuecao dkk, (2020)

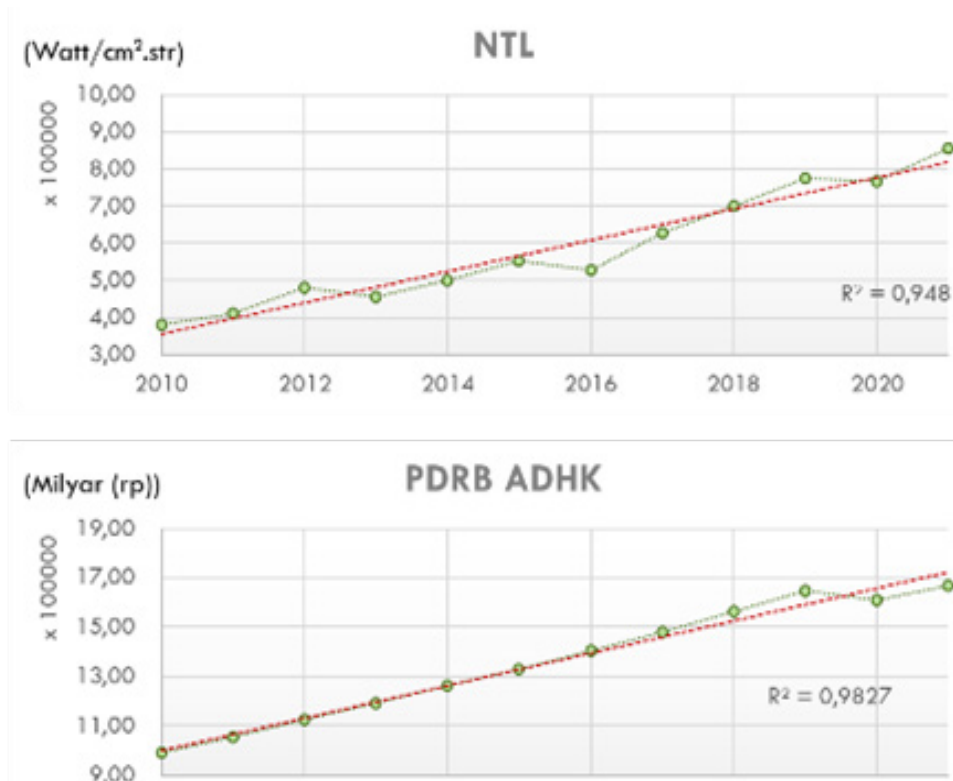
Gambar 3: NTL Tahun 2011, 2015 Dan 2021 Di Provinsi Jawa Timur

Hasil dan Pembahasan

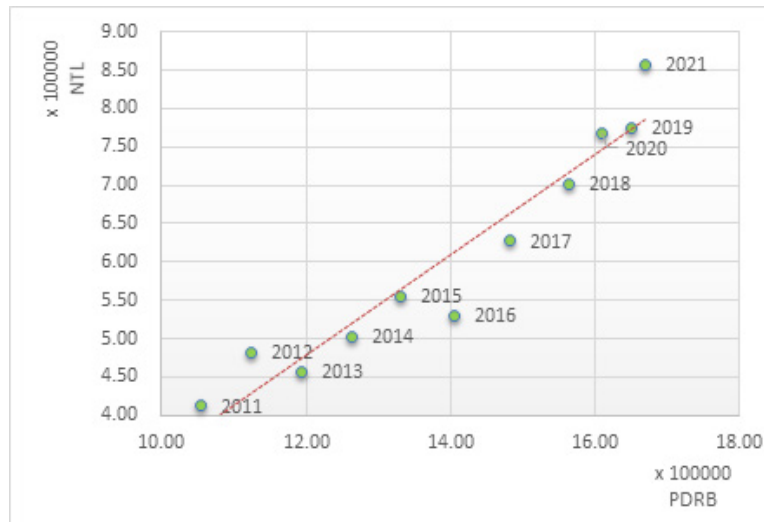
Hubungan Antara NTL dan PDRB

Sebelum memulai melakukan estimasi dan proyeksi, terlebih dahulu dilakukan telaah mengenai hubungan yang terjadi antara NTL dan PDRB pada kurun waktu 2011 hingga 2021. Pada tren data PDRB dapat dilihat pada gambar 4 bahwa PDRB Provinsi Jawa Timur tumbuh linear dengan rata-rata pertumbuhan meningkat 4,71% per tahun. Sedangkan untuk nilai NTL grafik yang yang dihasilkan menunjukkan fluktuasi dimana pada tahun 2013, 2016, dan 2020 menunjukkan penurunan namun secara rata-rata selama kurun waktu 2011 hingga 2021 tersebut tumbuh positif 7,17%. Hasil perhitungan nilai korelasi diantaranya menunjukkan nilai koefisien yang signifikan berhubungan dimana hasil olah data dalam eviews menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,95. Korelasi yang sangat kuat ini menjadi dasar bahwa nilai NTL dapat digunakan untuk meramalkan nilai PDRB kedepan.

Hal menarik yang ada dalam menelaah hubungan antara NTL dan PDRB ini adalah posisi grafik saat pandemi Covid-19 yaitu pada kurun waktu 2019-2021. Terlihat baik NTL dan PDRB memiliki posisi kurva yang identik, pada awal terjadinya pandemi Covid-19 di tahun 2019 posisi grafik berada pada posisi naik dari tahun sebelumnya dan pada tahun berikutnya berada pada posisi turun kemudian pada tahun 2021 grafik naik kembali. Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa penurunan nilai PDRB akibat pandemi Covid-19 memiliki hubungan yang kuat dengan penurunan aktivitas manusia yang diwakili oleh penurunan nilai intensitas cahaya yang ditangkap melalui citra Nighttime Light Imagery.



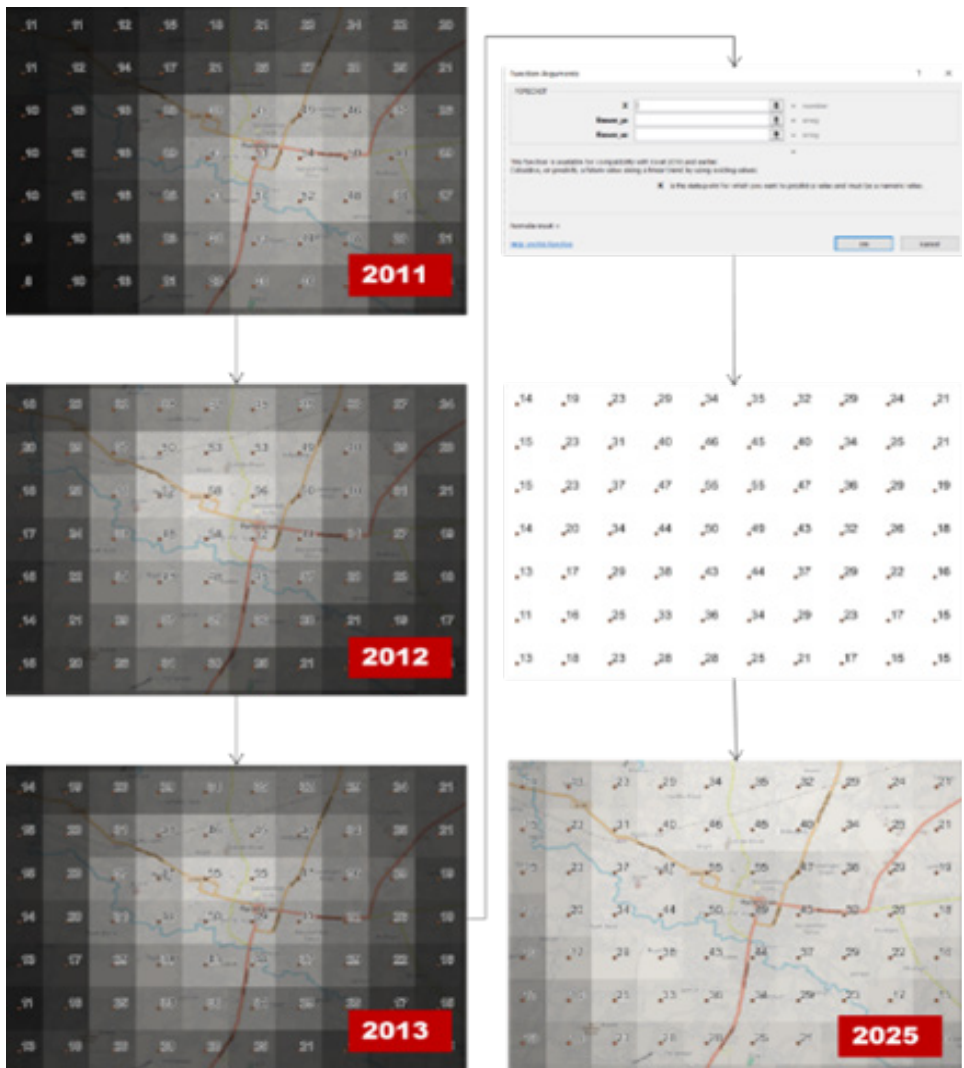
Gambar 4: Tren data NTL dan PDRB-ADHK



Gambar 5: Scatter Plot Data NTL Dan PDRB-ADHK

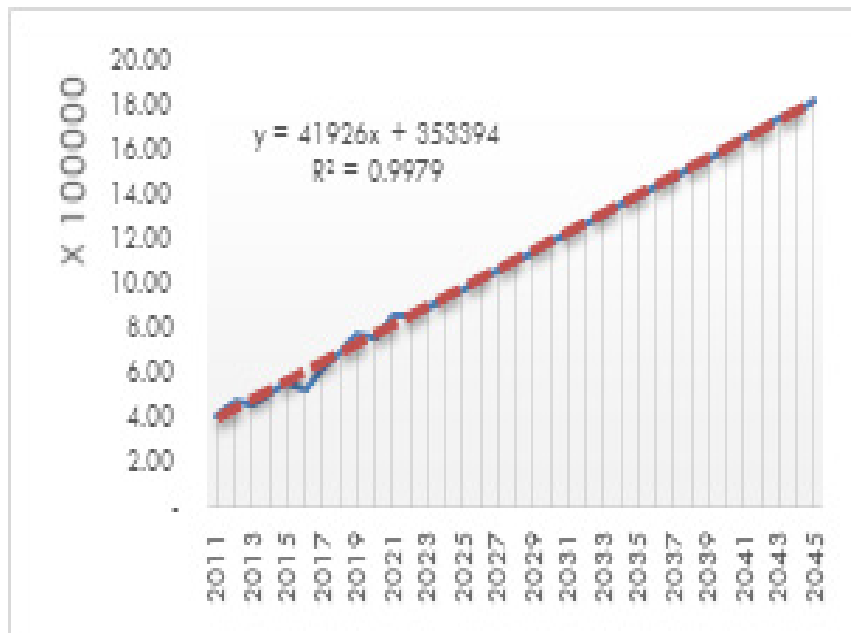
Tren NTL

Sebagai masukan untuk malakukan peramalan PDRB kedepan maka terlebih dahulu dilakukan estimasi terhadap tren data NTL. Berbeda dengan data PDRB yang sifatnya tabular maka untuk data NTL yang sifatnya spasial dilakukan regresi linear sederhana dalam proses ini dengan bantuan SIG (sistem informasi geografis) dalam menganalisis tren menurut nilai intensitas cahaya yang tersimpan dalam bentuk piksel (Gambar 6). Terlebih dahulu dilakukan ekstraksi nilai piksel menurut kode pikselnya ke dalam titik (point) kemudian mentransformasi bentuk file kedalam bentuk tabular. Setelah dalam bentuk tabular kemudian dilakukan metode linear forecasting dalam microsoft excell hingga menghasilkan nilai hingga tahun yang diinginkan yaitu 2045 (bertepatan dengan tahun Indonesia Emas). Data tabular estimasi akan ditransformasi ulang kedalam bentuk data spasial (Gambar 8).



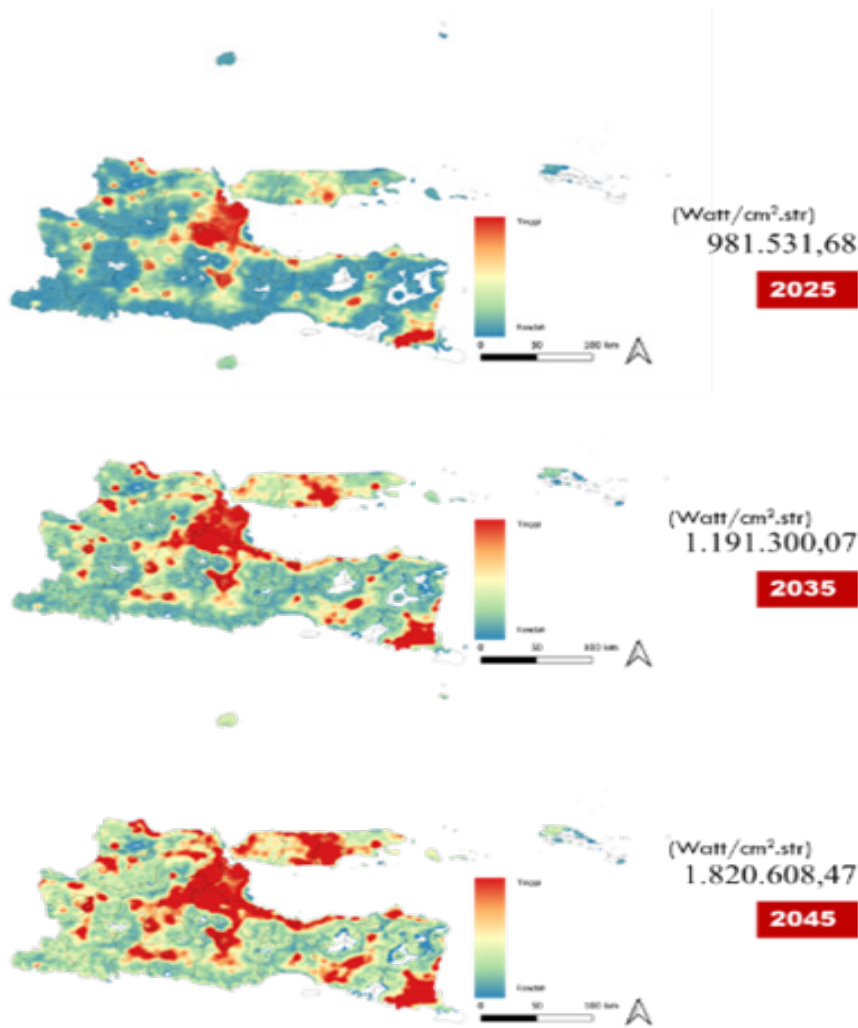
Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 6: Proses Linear Forecasting data NTL



Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 7: Hasil Estimasi Data NTL Hingga 2045



Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 8: Hasil Linear Forecasting Data NTL

Model Proyeksi PDRB

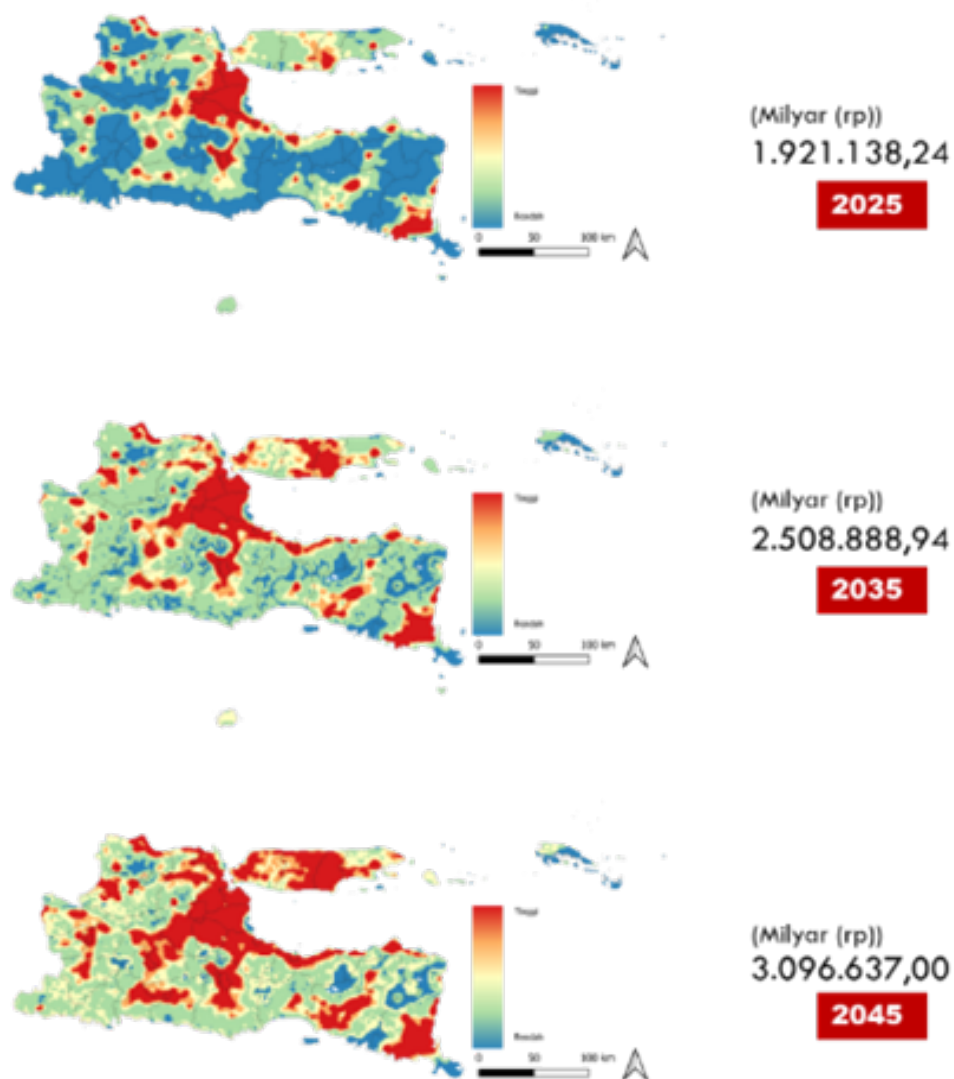
Untuk mendapatkan model proyeksi PDRB kedepan maka dilakukan proses regresi time series dengan bantuan Software Eviews. Uji asumsi klasik digunakan terlebih dahulu pada data PDRB sebagai variabel dependen (Y) dan data NTL sebagai variabel independen (X). Uji normalitas yang dilakukan didapatkan nilai Jarque-Bera diatas 0,05 menandakan bahwa data berdistribusi normal. Kemudian dilakukan uji multikolinearitas dengan indikator variance inflation factors, dimana Nilai centered VIF kurang dari 10 yang menandakan bahwa tidak terjadi multikolinearitas. Uji Heteroskedastisitas dengan indikator Breusch-Pagan-Godfrey menunjukkan nilai Chi-Square di atas 0,05 menandakan bahwa tidak terjadi Heteroskedastisitas. Uji autokorelasi dengan indikator Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test menunjukkan nilai Chi-Square di atas 0,05 menandakan bahwa tidak terjadi autokorelasi. Uji asumsi klasik menunjukkan bahwa data time series yang dihasilkan dapat dilanjutkan untuk pemodelan maka langkah selanjutnya adalah menemukan model itu sendiri. Dari hasil regresi time series didapatkan persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$\text{PDRB_ADHK} = 546.068,3 + 1,400943\text{NTL} + e$$

Dimana PDRB_ADHK adalah Produk Domestik Regional Bruto pada Provinsi Jawa Timur, dan NTL adalah penjumlahan dari nilai piksel intensitas cahaya dalam wilayah administrasi Provinsi Jawa Timur. (e) adalah nilai bias atau error dalam studi ini bernilai 5%.

Model menghasilkan konstanta 546.068,3 yang berarti angka PDRB ADHK bernilai 546.068,3 Milyar (Rp) ketika tidak terdapat penambahan aktivitas manusia yang dilambangkan dengan nilai NTL. Sedangkan slope sebesar 1,400943 artinya bila nilai variabel bebas NTL naik/bertambah/meningkat 1 unit (Watt/cm².str), maka nilai variabel PDRB ADHK akan naik/bertambah/meningkat sebesar 1,400943 unit (Milyar, Rp). Uji signifikansi dari model yang dihasilkan menunjukkan nilai probability variabel NTL dibawah 0,05 sehingga dapat dikatakan variabel NTL berpengaruh signifikan terhadap nilai PDRB. Koefisien determinasi yang dihasilkan cukup baik di angka 0,91, menjelaskan bahwa variabel NTL berpengaruh 91% terhadap perubahan PDRB sedangkan 9% lainnya dijelaskan oleh variabel yang tidak dibahas dalam penelitian ini. Uji F menjelaskan model sangat layak digunakan untuk pemodelan nilai PDRB ke depan.

Setelah model dihasilkan dan diuji, maka kemudian dilakukan pemodelan dengan data NTL yang sudah didapatkan sebelumnya menggunakan persamaan regresi (tabel 2). Untuk mendapatkan visualisasi spasial maka dilakukan proses pemodelan dengan memasukkan persamaan regresi yang dihasilkan kedalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan raster calculator sehingga dihasilkan visualisasi pada gambar 9.



Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 9: Proyeksi PDRB Provinsi Jawa Timur hingga 2045

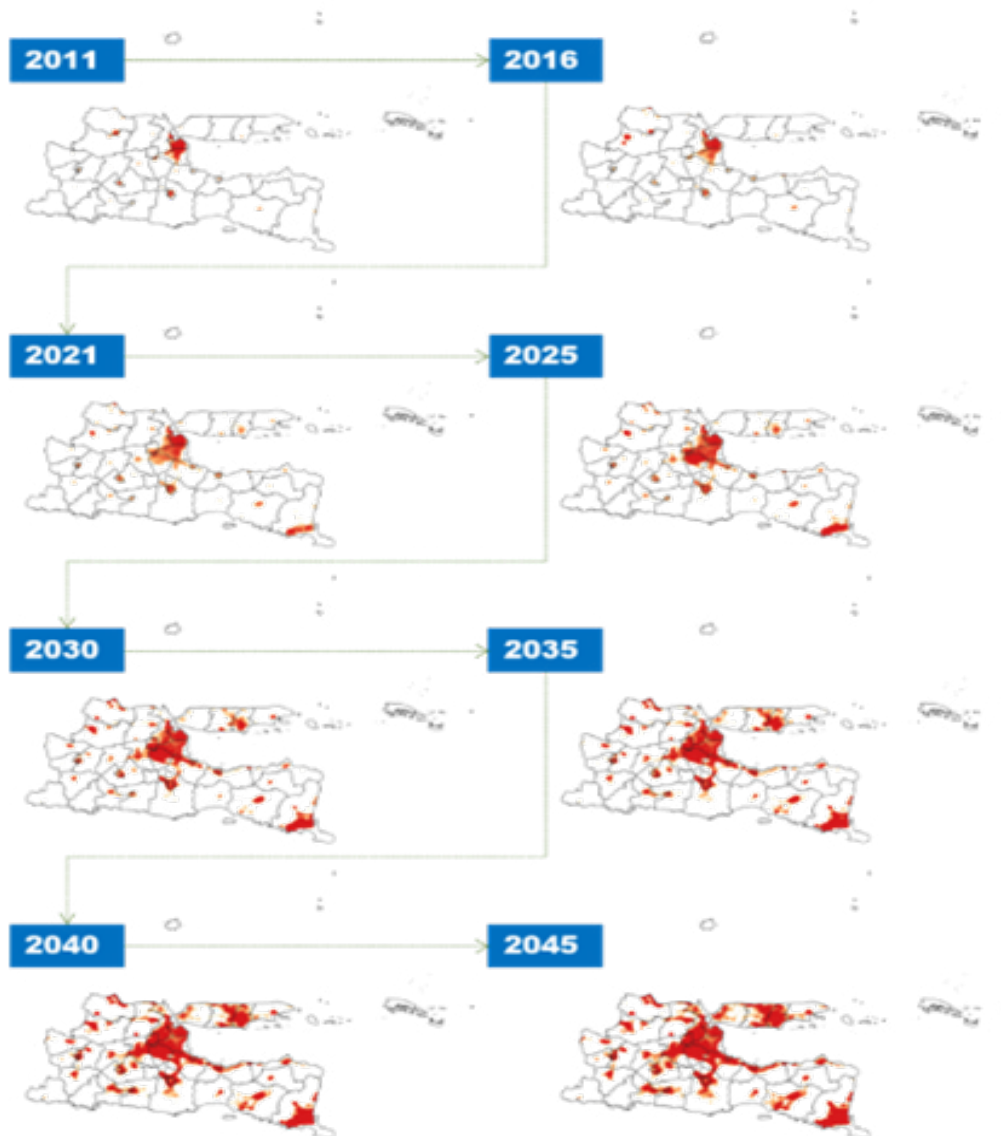
Tabel : 2 Hasil Proyeksi Regresi Time Series

Tahun	PDRB (Milyar, Rp)	NTL (Watt/cm ² .str)
2025	1.921.138,24	981.531,68
2030	2.215.011,80	1.191.300,07
2035	2.508.888,94	1.401.071,02
2040	2.802.767,74	1.610.843,15
2045	3.096.637,00	1.820.608,47

Sumber: Peneliti (2022)

Aglomerasi Perekonomian Provinsi Jawa Timur

Aglomerasi dapat diartikan sebagai proses perembetan dan penyatuan suatu kutub pertumbuhan dengan kutub pertumbuhan lainnya. Melihat hasil pemodelan yang telah dilakukan dengan memakai data NTL terhadap PDRB Provinsi Jawa Timur, peneliti mencoba menterjemahkan dengan menampilkan perembetan dari pusat pertumbuhan ekonomi secara explanatory.



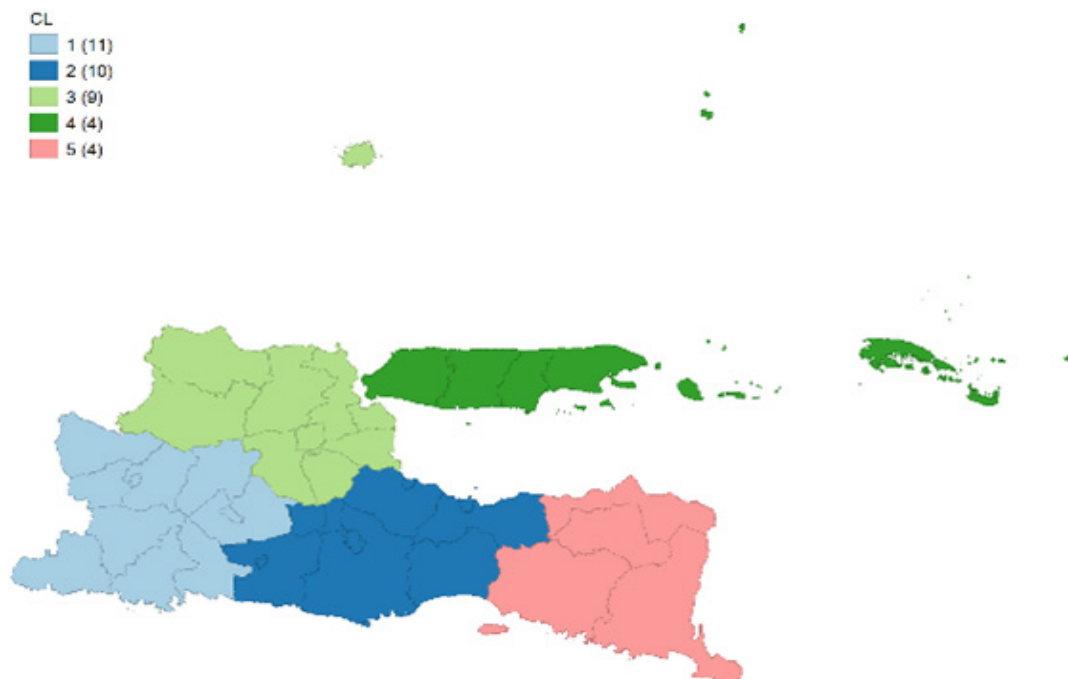
Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 10: Pola Aglomerasi Ekonomi Provinsi Jawa Timur

Pada tahun awal pengamatan di tahun 2011 terlihat bahwa kutub pertumbuhan berada pada wilayah Kota Surabaya dan sekitarnya, Kota Malang, Kota Kediri, Kota Madiun, Bojonegoro, dan Jember. Kemudian pada tahun 2021, terlihat kutub pertumbuhan baru muncul seperti Pamekasan, Jombang, Kota Pasuruan, Kota Probolinggo, Jember, dan Banyuwangi. Di tahun 2021 ini juga perluasan pengaruh dan aglomerasi dari Kota Surabaya semakin jelas dan mengarah menuju Mojokerto, Sidoarjo dan Gresik. Pada tahun proyeksi hingga 2045, proses aglomerasi ini semakin terlihat jelas, dimana Aglomerasi Kota Surabaya menuju Gresik dan Lamongan mencapai pantai utara, poros Mojokerto-Jombang-Kediri terlihat jelas, poros Surabaya-Sidoarjo-Malang-Kepanjen juga mengalami hal yang sama, dan pengaruh Surabaya diperkirakan akan menjalar secara linear hingga Kraksaan. Di tahun 2045 juga, aglomerasi jelas ditemukan pada kutub pertumbuhan Blitar-Tulungagung, Jember-Lumajang, Ponorogo-Madiun-Ngawi, perkembangan Banyuwangi wilayah selatan, dan pada wilayah Madura juga koneksi antara Sampang-Pamekasan semakin kuat. Wilayah Tuban, Bojonegoro, Pacitan, Terenggalek, Situbondo, Bondowoso belum ditemukan pola aglomerasi yang signifikan, kutub pertumbuhan masih melakukan perluasan pengaruh secara internal. Proses aglomerasi dapat dilihat pada gambar 10.

Klaster Perekonomian Provinsi Jawa Timur

Klaster perekonomian dari hasil peramalan ditemukan dari perhitungan kmeans clustering dengan software Geoda. Klaster ditemukan dengan menggunakan parameter NTL tahun 2045 dengan minimum jumlah klaster 5 dan memakai bobot dari nilai intensitas cahaya NTL yang sebelumnya dilakukan proses zonal statistic dalam SIG. Hasil dari klustering ini menunjukkan kesamaan dan kedekatan pengaruh antar unit wilayah kabupaten/kota. Klustering ini juga dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi untuk perencanaan terkait perekonomian ke depan.



Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 11: Klaster Perkembangan Ekonomi Provinsi Jawa Timur 2045

Dari hasil perhitungan didapatkan 5 klaster dengan persebaran sebagai berikut:

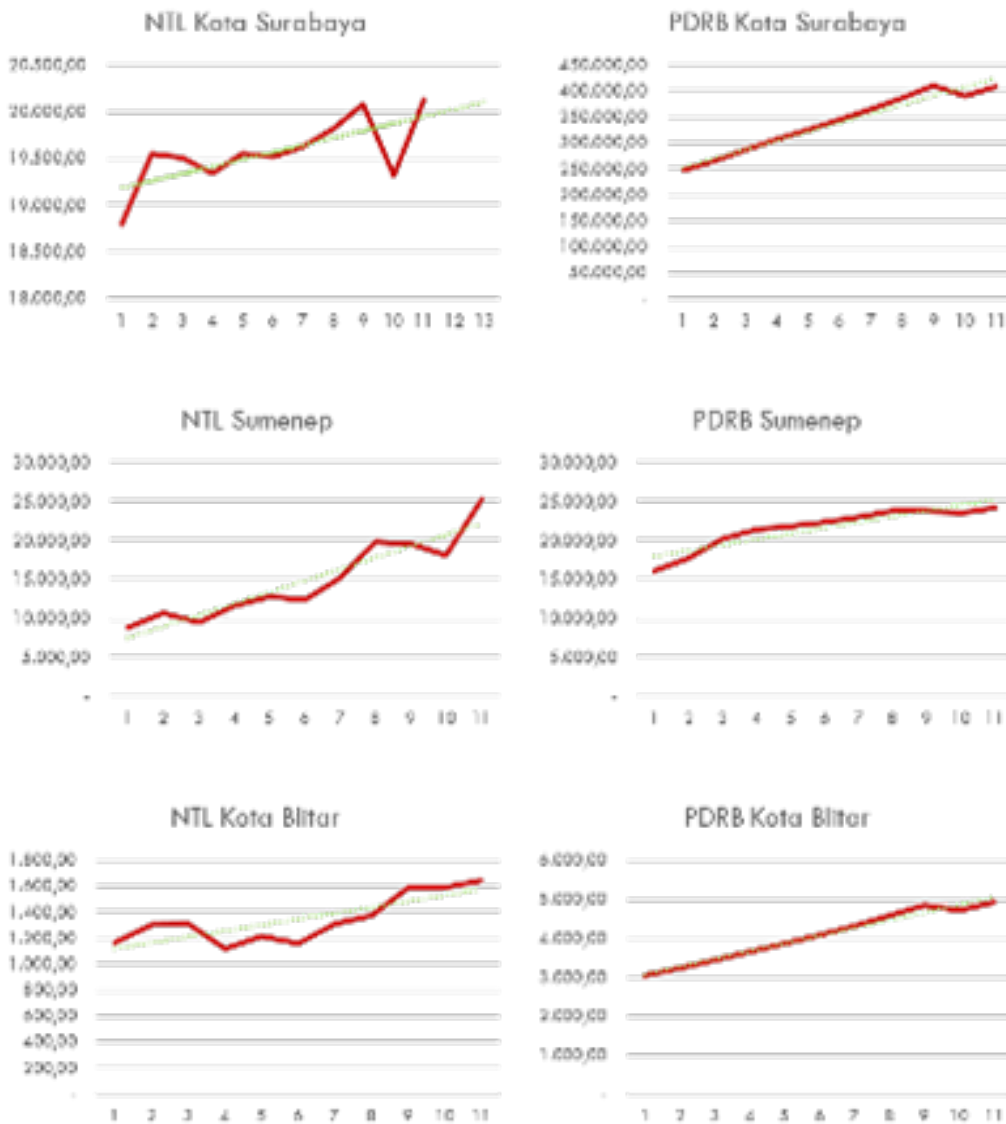
1. Klaster 1 terdiri dari; Kota Surabaya, Sidoarjo, Gresik, Mojokerto, Kota Mojokerto, Jombang, Lamongan, Tuban, dan Bojonegoro

2. Klaster 2 terdiri dari kabupaten di Pulau Madura
3. Klaster 3 terdiri dari; Kota Kediri, Kota Madiun, Kediri, Madiun, Tulungagung, Trenggalek, Pacitan, Ponorogo, Magetan, dan Ngawi
4. Klaster 4 terdiri dari; Kota Malang, Kota Blitar, Kota Pasuruan, Kota Probolinggo, Kota Batu, Pasuruan, Malang, Probolinggo, dan Lumajang
5. Klaster 5 terdiri dari; Banyuwangi, Jember, Situbondo, dan Bondowoso

Klaster yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 11.

Diskusi

Meskipun hasil pada tingkatan regional hasil koefisien determinasi menunjukkan hasil yang baik, namun pada tingkatan sub region, penggunaan data NTL sebagai proxy untuk meramalkan PDRB kedepan masih harus diuji keakuratannya. Terlihat pada gambar 12 misalnya, grafik NTL dan PDRB di tingkatan sub region belum menunjukkan korelasi yang kuat. Oleh karena itu ke depan dibutuhkan penelitian lanjutan mengenai pengaruh NTL terhadap PDRB ini melalui metode regresi panel.



Sumber: Peneliti (2022)

Gambar 12: Anomali Korelasi Pada Tingkatan Sub Region

Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penggunaan citra satelit night-time light imagery memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap PDRB ADHK Provinsi Jawa Timur yang ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar 0,95. Berdasarkan trend data NTL, Maka didapatkan daerah dengan trend tertinggi berada pada wilayah aglomerasi Gerbangkertosusila, Banyuwangi, dan Sampang-Pamekasan.

Model yang dihasilkan dari data timeseries melalui regresi kedalam Eviews menghasilkan persamaan

$$\text{PDRB_ADHK} = 546.068,3 + 1,400943\text{NTL} + e$$

Model memiliki koefisien determinasi yang baik yaitu 0,91 dan uji F menunjukkan model layak dan signifikan digunakan sebagai pemodelan pertumbuhan PDRB ke depan

Pola aglomerasi dapat diidentifikasi melalui perembetan antara kutub pertumbuhan menuju kutub pertumbuhan lainnya. Terdapat 5 klaster pengembangan ekonomi yang dihasilkan yaitu, Klaster 1 terdiri dari; Kota Surabaya, Sidoarjo, Gresik, Mojokerto, Kota Mojokerto, Jombang, Lamongan, Tuban, dan Bojonegoro. Klaster 2 terdiri dari kabupaten di Pulau Madura. Klaster 3 terdiri dari; Kota Kediri, Kota Madiun, Kediri, Madiun, Tulungagung, Trenggalek, Pacitan, Ponorogo, Magetan, dan Ngawi. Klaster 4 terdiri dari; Kota Malang, Kota Blitar, Kota Pasuruan, Kota Probolinggo, Kota Batu, Pasuruan, Malang, Probolinggo, dan Lumajang. Klaster 5 terdiri dari; Banyuwangi, Jember, Situbondo, dan Bondowoso

Daftar Pustaka

- Bank Indonesia. (2022). Laporan Perekonomian Provinsi Jawa Timur Februari 2022.
- BPS Provinsi Jawa Timur. (2022). Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2022.
- Cao, J., Chen, Y., Wilson, J. P., Tan, H., Yang, J., & Xu, Z. (2020). Modeling China's prefecture-level economy using VIIRS imagery and spatial methods. *Remote Sensing*, 12(5), 1–19. <https://doi.org/10.3390/rs12050839>
- Cavalcante da Silva, G., Monteiro de Almeida, F., Oliveira, S., Wannier, E. F., Bezerra, L. C. T., Takahashi, R. H. C., & Lima, L. (2021). Comparing community mobility reduction between first and second COVID-19 waves. *Transport Policy*, 112(May), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.08.004>
- Chen, X., & Nordhaus, W. D. (2011). Using luminosity data as a proxy for economic statistics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(21), 8589–8594. <https://doi.org/10.1073/pnas.1017031108>
- Elvidge, C D, Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., Davis, E. R., & Davis, C. W. (1997). Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption. *International Journal of Remote Sensing*, 18(6), 1373–1379. <https://doi.org/10.1080/014311697218485>
- Elvidge, Christopher D., Baugh, K. E., Zhizhin, M., & Hsu, F.-C. (2013). Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 35(0), 62. <https://doi.org/10.7125/apan.35.7>
- Elvidge, Christopher D., Zhizhin, M., Ghosh, T., Hsu, F. C., & Taneja, J. (2021). Annual time series of global viirs nighttime lights derived from monthly averages: 2012 to 2019. *Remote Sensing*, 13(5), 1–14. <https://doi.org/10.3390/rs13050922>
- Eppang, B. M., Som, A. P., Azinuddin, M., Rijal, S., & Ridwan, M. (2021). The Impact of the COVID-19 Pandemic on the Tourism Economy. 58, 155–176. <https://doi.org/10.1016/j.tour.2021.05.004>

org/10.4018/978-1-7998-8231-2.ch008

- Forbes, D. J. (2013). Multi-scale analysis of the relationship between economic statistics and DMSP-OLS night light images. *GIScience and Remote Sensing*, 50(5), 483–499. <https://doi.org/10.1080/15481603.2013.823732>
- Gibson, J., & Boe-Gibson, G. (2021). Nighttime lights and county-level economic activity in the United States: 2001 to 2019. *Remote Sensing*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/rs13142741>
- Hillger, D., Kopp, T., Lee, T., Lindsey, D., Seaman, C., Miller, S., Solbrig, J., Kidder, S., Bachmeier, S., Jasmin, T., & Rink, T. (2013). First-light imagery from Suomi NPP VIIRS. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(7), 1019–1029. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00097.1>
- Katayama, N., & Takeuchi, W. (2014). Comparison between nighttime light and socioeconomic indicators on an international scale using VIIRS day-night band. 35th Asian Conference on Remote Sensing 2014, ACRS 2014: Sensing for Reintegration of Societies, 4–6.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2021). *Kajian Fiskal Regional Provinsi Jawa Timur Triwulan III Tahun 2021*.
- Khasanah, U., Karim, A., & Nur, I. M. (2017). Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Provinsi Jawa Tengah Dengan Pendekatan Spasial Autoregressive Model Panel Data. *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 1988, 331–336.
- Levin, N., & Zhang, Q. (2017). A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas. *Remote Sensing of Environment*, 190, 366–382. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.006>
- Li, Xi, Xu, H., Chen, X., & Li, C. (2013). Potential of NPP-VIIRS nighttime light imagery for modeling the regional economy of China. *Remote Sensing*, 5(6), 3057–3081. <https://doi.org/10.3390/rs5063057>
- Li, Xuecao, Zhou, Y., Zhao, M., & Zhao, X. (2020). A harmonized global nighttime light dataset 1992-2018. *Scientific Data*, 7(1), 168. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0510-y>
- Liang, H., Guo, Z., Wu, J., & Chen, Z. (2020). GDP spatialization in Ningbo City based on NPP/VIIRS night-time light and auxiliary data using random forest regression. *Advances in Space Research*, 65(1), 481–493. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.09.035>
- Liu, H. (2019). The communication and European Regional economic growth: The interactive fixed effects approach. *Economic Modelling*, 83(June), 299–311. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.07.016>
- Lopez-Ruiz, H. G., Blazquez, J., & Hasanov, F. (2019). Estimating the Saudi Arabian Regional GDP Using Satellite Nighttime Light Images. *SSRN Electronic Journal*, January. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3382748>
- McCord, G. C., & Rodriguez-Heredia, M. (2022). Nightlights and Subnational Economic Activity: Estimating Departmental GDP in Paraguay. *Remote Sensing*, 14(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs14051150>
- Pérez-Sindín, X. S., Chen, T. H. K., & Prishchepov, A. V. (2021). Are night-time lights a good proxy of economic activity in rural areas in middle and low-income countries? Examining the empirical evidence from Colombia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24(October). <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100647>
- Shi, K., Yu, B., Huang, Y., Hu, Y., Yin, B., Chen, Z., Chen, L., & Wu, J. (2014). Evaluating the abil-

- ity of NPP-VIIRS nighttime light data to estimate the gross domestic product and the electric power consumption of China at multiple scales: A comparison with DMSP-OLS data. *Remote Sensing*, 6(2), 1705–1724. <https://doi.org/10.3390/rs6021705>
- Sun, J., Di, L., Sun, Z., Wang, J., & Wu, Y. (2007). Estimation of GDP Using Deep Learning with NPP-VIIRS Imagery and Land Cover Data at the County Level in CONUS. *International Journal of Ecological Economics & Statistics (IJEES)*, 8, 5–21. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2983331>
- Supartoyo, Y. H., Tatu, J., & Sendouw, R. H. E. (2014). The Economic Growth and the Regional Characteristics : The Case of Indonesia. *Buletin Ekonomi Moneter Dan Perbankan*, 16(1), 3–18. <https://doi.org/10.21098/bemp.v16i1.435>
- Wahyu Widayati, C. S. (2013). Komparasi Beberapa Metode Estimasi Kesalahan Pengukuran. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 13(2), 182–197. <https://doi.org/10.21831/pep.v13i2.1409>
- Wang, X., Rafa, M., Moyer, J. D., Li, J., Scheer, J., & Sutton, P. (2019). Estimation and mapping of sub-national GDP in Uganda using NPP-VIIRS imagery. *Remote Sensing*, 11(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/rs11020163>
- Wang, X., Sutton, P. C., & Qi, B. (2019). Global mapping of GDP at 1 km² using VIIRS nighttime satellite imagery. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijgi8120580>
- Western Cape Government. (2007). *Economic Modelling and Regional Impact Analysis*. Western Cape Provincial Economic Review & Outlook, 71–96.
- Zargari, F., Aminpour, N., Ahmadian, M. A., Samimi, A., & Saidi, S. (2022). Impact of mobility on COVID-19 spread – A time series analysis. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100567. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100567>