

ANALYSIS OF PRE-ELDERLY WORKERS' QUALITY INDEX AND ITS IMPACT ON EAST JAVA'S ECONOMY (NIGHTTIME LIGHT APPROACH): REFLECTION ON SILVER ECONOMY POTENTIAL

Fuad Ramdhan Dewantoro*¹ 

Abyan Rai²

¹Badan Pusat Statistik, Jakarta, Indonesia

²Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

ABSTRACT

BPS projection (2023) indicates that the proportion of elderly in East Java will rise from 15.40% (2025) to 25.41% (2050), surpassing national average. Aging population presents both challenges and opportunities, particularly in the potential of silver economy focused on production, consumption, and marketing of goods and services for elderly (60+) and pre-elderly (45–59). Without proper strategies, aging population can burden economy through declining productivity, rising health costs, and pensions. Low quality of elderly workers (formality 13.17%, senior high education 12.18%, income above 2.5 million 17.55%) and pre-elderly workers (TPAK 83.5% yet low quality) exacerbates negative impacts. Improving worker quality needs attention starting from pre-elderly phase to mitigate risks of aging population. This study analyzes Pre-Elderly Worker Quality Index and its impact on East Java's economy using Nighttime Light (NTL) approach to reflect potential of silver economy in addressing aging population. Index construction through factor analysis of 12 variables (SAKERNAS 2021–2023) shows a shift of determinants from work conditions (2021) to digital capacity, education, and training (2022–2023), with health as consistent factor. K-Means Cluster analysis groups East Java districts/cities into two clusters: cluster 1 with limited silver economy potential (district areas including Tapal Kuda/Madura, low pre-elderly worker quality and economy) and cluster 2 with promising silver economy potential (urban/industrial, high pre-elderly worker quality and economy). Spatial panel regression (SAR-FEM) confirms significant positive effect of quality index on economic indicators (NTL, GRDP, and local revenue), while pre-elderly TPAK has negative effect, emphasizing quality over participation. NTL approach proves effective in capturing microeconomic dynamics. Recommendations include strengthening digital literacy, education, training, preventive health, job formalization, and development of industries supporting silver economy to reduce inequality and optimize sustainable economic growth.

Keywords: Pre-Elderly Workers' Quality Index, Silver Economy, Aging population, NTL

ABSTRAK

Proyeksi BPS (2023) menunjukkan proporsi lansia di Jawa Timur meningkat dari 15,40% (2025) menjadi 25,41% (2050), melampaui rata-rata nasional. Fenomena aging population menghadirkan tantangan dan peluang terutama

RIWAYAT ARTIKEL

Tanggal Masuk:
22 September 2025
Tanggal Revisi:
24 Februari 2026
Tanggal Diterima:
Tersedia Online:
31 Maret 2026

*Korespondensi:
Fuad Ramdhan Dewantoro
E-mail: ramdhanfuad@bps.
go.id

potensi silver economy yang berfokus pada produksi, konsumsi, dan pemasaran barang serta jasa yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan penduduk lanjut usia (di atas 60 tahun) dan pra lansia (usia 45-59 tahun). Namun, tanpa strategi yang tepat, aging population dapat membebani ekonomi melalui penurunan produktivitas, peningkatan biaya kesehatan, dan pensiun. Rendahnya kualitas pekerja lansia (formalitas 13,17%, pendidikan SMA 12,18%, pendapatan >2,5 juta 17,55%) dan pra lansia (TPAK 83,5% namun kualitas rendah) memperburuk dampak negatif aging population. Perbaikan kualitas pekerja perlu diperhatikan sejak fase pra lansia untuk mengurangi dampak negatif dari aging population. Penelitian ini menganalisis Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia dan pengaruhnya terhadap perekonomian Jawa Timur menggunakan pendekatan Nighttime Light (NTL) untuk merefleksikan potensi silver economy dalam menghadapi aging population. Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia disusun melalui analisis faktor dari 12 variabel (SAKERNAS 2021-2023), menunjukkan pergeseran determinan dari kondisi kerja (2021) ke kapasitas digital, pendidikan, dan pelatihan (2022-2023), dengan kesehatan sebagai faktor konsisten. Analisis K-Means Cluster mengelompokkan kabupaten/kota Jawa Timur menjadi dua klaster: cluster 1 dengan potensi silver ekonomi terbatas yaitu wilayah kabupaten termasuk Tapal Kuda/Madura (kualitas pekerja pra lansia dan ekonomi rendah) dan cluster 2 dengan potensi silver ekonomi menjanjikan yaitu perkotaan/industri (kualitas pekerja pra lansia dan ekonomi tinggi). Regresi panel spasial (SAR-FEM) membuktikan indeks kualitas berpengaruh positif signifikan terhadap indikator ekonomi (NTL, PDRB, dan PAD), sedangkan TPAK pra lansia berpengaruh negatif, menegaskan pentingnya kualitas daripada partisipasi. Pendekatan NTL efektif menangkap dinamika ekonomi mikro. Rekomendasi meliputi peningkatan literasi digital, pendidikan, pelatihan, kesehatan preventif, formalisasi pekerjaan, dan pengembangan industri pendukung silver economy untuk mengurangi ketimpangan dan mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi berkelanjutan.

Kata Kunci: Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia, Ekonomi Perak, Populasi Menua, Pendekatan Nighttime Light (NTL)

JEL: J14; J24; O15; R11; C38; C33

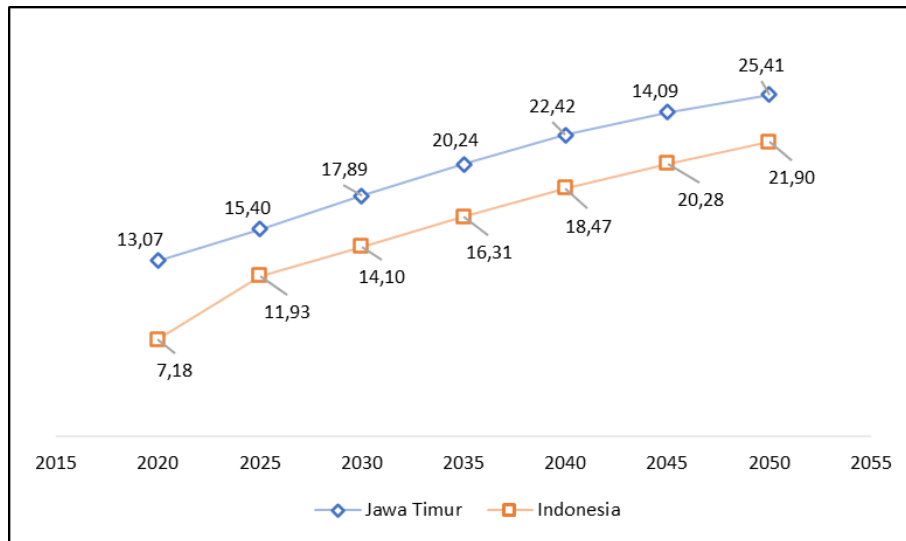
Pendahuluan

Suatu populasi dianggap menua (*aging population*) oleh WHO ketika proporsi penduduk dengan usia di atas 60 tahun mencapai 10% dari total penduduk (Jiang & Zheng, 2023). Hasil proyeksi penduduk dari BPS (2023) menunjukkan bahwa proporsi penduduk berusia 60 tahun ke atas (lansia) di Indonesia pada tahun 2025 telah mencapai sekitar 11,94% dan angka ini diperkirakan akan terus meningkat hingga sekitar 21,90% pada tahun 2050. Dalam dua dekade ke depan, satu dari lima penduduk Indonesia diproyeksikan akan berusia lanjut.

Proyeksi penduduk yang dilakukan oleh BPS (2023) menunjukkan bahwa pada tahun 2025, proporsi penduduk lansia di Jawa Timur tercatat sekitar 15,40% dan terus meningkat hingga mencapai 25,41% pada tahun 2050. Angka tersebut melampaui rata-rata nasional dan menempatkan provinsi Jawa Timur sebagai provinsi dengan penduduk lansia tertinggi kedua di Indonesia (Ida Bagus dkk., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa Jawa Timur telah lebih dulu mengalami perubahan demografi menuju masyarakat menua (*aging population*) dibandingkan banyak wilayah lain di Indonesia (Heryanah & Kadir, 2023).

Transisi demografis menuju populasi menua menghadirkan peluang dan tantangan ekonomi signifikan, terutama melalui pengembangan silver economy yang berfokus pada pemenuhan kebutuhan lansia (Cizelj, 2023; Griva dkk., 2024; Guo dkk., 2023). Silver economy

mencakup aktivitas produksi, konsumsi, dan pemasaran barang serta jasa untuk lansia, mulai dari perumahan hingga teknologi, yang berpotensi menciptakan lapangan kerja dan pertumbuhan ekonomi (Griva dkk., 2024). Lansia juga merupakan basis konsumen dengan daya beli besar, diperkirakan 30–40% dari aset global (Cizelj, 2023).



Sumber: Proyeksi Penduduk (BPS, 2023)

Gambar 1: Proporsi Penduduk Lansia Tahun 2020-2050 di Indonesia dan Jawa Timur Hasil Proyeksi Penduduk Badan Pusat Statistik

Penelitian lain menemukan bahwa fenomena ini berpotensi menurunkan angkatan kerja, produktivitas, serta menghambat industri, sekaligus meningkatkan beban pengeluaran pemerintah untuk perawatan, kesehatan, dan pensiun, serta mengubah pola konsumsi dan investasi (Liu dkk., 2023; Maestas dkk., 2016; Munawaroh dkk., 2025; Temsumrit, 2023). Dampak tersebut dipicu oleh keterbatasan lansia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, namun dapat ditekan melalui partisipasi aktif mereka dalam angkatan kerja (Munawaroh dkk., 2025).

Pada tahun 2023 Tingkat Kesempatan Kerja (TKK) lansia di Jawa Timur mencapai 99,0%, namun demikian Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) lansia hanya 60,2%, yang berarti masih banyak lansia yang tidak aktif bekerja, tidak mencari pekerjaan atau tidak terlibat dalam kegiatan ekonomi karena memilih untuk mengurus rumah tangga atau sudah merasa tidak mampu (BPS, 2024). Tabel 1 menunjukkan bahwa indikator kualitas pekerja lansia di Jawa Timur pada tahun 2023 berada pada kondisi yang kurang baik. Terdapat sebanyak 13,17% pekerja lansia yang bekerja di sektor formal dan 14,33% yang memiliki pembukuan keuangan, jauh di bawah rata-rata Jawa Timur sebesar 36,89% dan 36,67%. Produktivitas pekerja lansia pun dapat dikatakan masih rendah. Meski 50,89% bekerja lebih dari 35 jam seminggu, namun hanya 12,18% yang memiliki pendidikan minimal SMA, jauh lebih rendah dibandingkan kelompok usia dewasa sebesar 56,46%. Akses pelatihan dan teknologi bagi pekerja lansia pun masih terbatas dan terendah di antara semua kelompok umur yaitu 7,59% yang mendapatkan pelatihan dan 18,48% yang menggunakan teknologi. Dari segi pendapatan, pada tahun 2023 hanya 17,55% pekerja lansia yang berpenghasilan di atas 2,5 juta rupiah per bulan. Cakupan jaminan kesehatan dan pensiun pekerja lansia pun tergolong sangat rendah, masing-masing hanya 10,19% dan 8,73%.

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan adanya urgensi masalah terkait rendahnya partisipasi dan kualitas pekerja lansia di Jawa Timur yang memperburuk dampak negatif dari *aging*

population. Hal tersebut dikarenakan populasi lansia di Jawa Timur yang terus bertambah namun tidak diimbangi dengan produktivitas ekonomi yang sepadan, sehingga berpotensi menjadi beban ekonomi daripada pendorong pertumbuhan (Liu dkk., 2023; Maestas dkk., 2016; Munawaroh dkk., 2025; Temsumrit, 2023).

Tabel 1: Gambaran Umum Indikator Kualitas Pekerja Lansia di Jawa Timur Tahun 2023 (%)

Kelompok Umur	TPAK	TKK	Formal	Pembukuan	>35 Jam	> SMA	Pelatihan	Teknologi	Internet	Tidak Sakit	>2,5 Juta	Jaminan Kesehatan	Jaminan Pensiun
Remaja (15-18 tahun)	19,1	73,4	29,93	37,62	36,18	13,78	6,58	54,09	47,86	86,76	6	15,34	2,18
Dewasa (19-44 tahun)	79,6	93,1	48,7	47,99	74,94	56,46	21,06	67,55	61,26	89,54	33,41	38,99	17,67
Pra Lansia (45-59 tahun)	83,5	98,1	29,22	29,43	68,52	29,11	13,9	45,27	38,18	76,18	32,4	32,49	28,52
Lansia (>60 tahun)	60,2	99,0	13,17	14,33	50,89	12,18	7,59	18,48	13,19	61,86	17,55	10,19	8,73
Total Pekerja	72,6	95,1	36,89	36,67	68,6	38,2	15,69	52,82	46,45	77,88	30,42	34,98	19,57

Sumber: BPS, Hasil Olah SAKERNAS 2023

Temuan empiris menunjukkan bahwa penurunan kualitas tenaga kerja telah dimulai sejak fase pra-lansia, meskipun tingkat partisipasi angkatan kerja masih relatif tinggi. Kondisi ini menegaskan bahwa fase pra-lansia merupakan periode strategis untuk intervensi kebijakan, karena peningkatan kualitas pada tahap ini berpotensi menentukan tingkat produktivitas dan kemandirian ekonomi ketika memasuki usia lansia. Contohnya pada tahun 2023 hanya terdapat sebanyak 29,22% pekerja pra lansia di Jawa Timur yang bekerja di sektor formal, 29,11% berpendidikan minimal SMA, dan hanya 13,9% yang mendapatkan pelatihan (BPS, 2024). Tabel 1 juga menunjukkan ternyata pada tahun 2023 TPAK tertinggi dicapai pada fase pra lansia sebesar 83,5% yang kemudian mengalami penurunan pada fase lansia. Hal ini menandakan bahwa tingginya partisipasi pekerja pra lansia dalam ekonomi ternyata tidak diimbangi oleh kualitas pekerja pra lansia. Sehingga belum dapat secara optimal dalam mengurangi dampak negatif dari *aging population*.

Rendahnya kualitas dan partisipasi pekerja lansia di Jawa Timur, yang penurunannya sudah terlihat pada pra lansia, menjadi rumusan masalah penelitian ini. Penelitian ini menjadi penting dilakukan karena *aging population* membawa tantangan sekaligus peluang bagi perekonomian Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kondisi kualitas pekerja pra lansia di Jawa Timur melalui pengukuran indeks sebagai pendekatan preventif dalam memasuki fenomena *aging population* di Jawa Timur dan optimalisasi potensi silver economy. Penelitian ini memetakan kualitas pekerja pra lansia berdasarkan sebaran kabupaten/kota di Jawa Timur dan posisinya terhadap perekonomian dengan pendekatan inovatif melalui intensitas cahaya malam (*Nighttime Light*).

Pengembangan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia untuk menilai kondisi ekonomi sebelum memasuki usia lanjut yang belum banyak dilakukan di Indonesia. Penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring terpadu yang mencakup pendidikan, literasi digital,

kesehatan, dan kesiapan finansial dapat meningkatkan produktivitas lansia hingga 27% dalam satu dekade di negara Asia maju (Komp-Leukkunen dkk., 2022; Lee dkk., 2021; Zlatanović & Jovanović, 2023). Investasi pada kelompok pra lansia juga terbukti memberi manfaat ekonomi jangka panjang (Lee & Mason, 2017), sementara peningkatan keterampilan, akses kesehatan, dan jaminan sosial mampu mengubah tantangan demografis menjadi peluang ekonomi (Bloom dkk., 2011). Dengan demikian, indeks ini penting sebagai instrumen kebijakan dalam menghadapi *aging population*.

Kebaruan penelitian terletak pada integrasi multidimensi kualitas pekerja pra lansia dalam satu indeks komprehensif, pendekatan preventif pada pra lansia, penggunaan indikator ekonomi (PDRB, PAD, *Nighttime Light*), serta kontekstualisasi regional sesuai karakteristik Jawa Timur. Uji terhadap pengaruh dari indeks kualitas pekerja pra lansia terhadap perekonomian regional Jawa Timur di penelitian ini menggunakan analisis K-Means Cluster untuk mengelompokkan wilayah Kabupaten/Kota berdasarkan kualitas pekerja pra lansia dan perkembangan ekonominya, serta analisis regresi panel secara spasial selama tahun 2021 hingga 2023.

Dengan demikian, pengembangan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia dan analisis pengaruhnya terhadap perekonomian Jawa Timur melalui pendekatan *Nighttime Light* memberikan kontribusi penting dalam mengoptimalkan potensi silver economy dan mengurangi dampak negatif *aging population*. Penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi kondisi saat ini namun juga memberikan landasan ilmiah untuk mengarahkan intervensi yang tepat untuk penguatan produktivitas pekerja pra lansia, penyusunan kebijakan berbasis bukti, sehingga dapat memaksimalkan kontribusi ekonomi kelompok pra lansia di masa depan. Pada akhirnya akan dapat mewujudkan masyarakat lansia yang produktif dan mandiri secara ekonomi, sekaligus menjadikan fenomena *aging population* sebagai peluang bagi pertumbuhan ekonomi berkelanjutan di Jawa Timur.

Telaah Literatur

Klasifikasi Penduduk Berdasarkan Rentang Usia

Menurut WHO penduduk lanjut usia adalah penduduk dengan usia di atas 60 tahun yang dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, yaitu: paruh baya (*middle age*): 45-59 tahun, lansia (*elderly*): 60-74 tahun, lansia tua (*old*): 75-90 tahun, dan lansia sangat tua (*very old*): > 90 tahun (Dyussenbayev, 2017; WHO, 2015). Undang-Undang Nomor 13 Tahun 1998 mengategorikan penduduk yang sudah berusia di atas 60 tahun termasuk ke dalam kategori lanjut usia (Heryani dkk., 2023). Selain itu menurut BPS (2021), penduduk dengan usia 45-59 tahun dikategorikan sebagai pra lansia dan usia 60 tahun ke atas dikategorikan sebagai lansia. Nakashima dkk. (2022), mengelompokkan penduduk pra lansia ke dalam kategori usia 65-74 tahun, lansia tua 75-89 tahun dan lansia sangat tua di atas 90 tahun. Berdasarkan uraian pengertian lansia di atas maka dapat disimpulkan bahwa penduduk pra lansia adalah penduduk dengan rentang usia 45-59 tahun dan lansia dengan rentang usia di atas 60 tahun.

Teori Dampak Ekonomi dari *Aging population* World Health Organization (WHO) mendefinisikan *aging population* sebagai kondisi demografis saat proporsi penduduk berusia di atas 60 tahun mencapai 10% dari total populasi (Jiang & Zheng, 2023). Studi Cizelj (2023) menemukan bahwa transisi demografis menuju populasi menua membawa peluang signifikan melalui pengembangan *silver economy*. Populasi lansia memiliki kekuatan ekonomi signifikan, dengan daya beli mencapai 30-40% dari aset global. Teori ini mengubah paradigma lansia dari beban menjadi potensi ekonomi substantif. Teori ini diperkuat oleh (Griva dkk., 2024; Guo dkk.,

2023) yang melihat *aging population* sebagai katalisator pertumbuhan ekonomi baru, bukan sekadar tantangan demografis. Jayawardhana dkk. (2023), mengembangkan teori dualitas dampak yang menyatakan bahwa *aging population* dapat menghasilkan konsekuensi ekonomi positif atau negatif bergantung pada strategi adaptasi suatu negara. Teori ini menjelaskan kompleksitas hubungan antara demografi dan ekonomi.

Acemoglu & Restrepo (2017), menyajikan teori otomatisasi adaptif, menunjukkan *aging population* mendorong adopsi teknologi yang meningkatkan produktivitas. Bloom dkk. (2011), mengembangkan teori dividen demografis kedua, yang menyatakan bahwa *aging population* dapat menghasilkan pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan tabungan dan investasi dalam modal manusia. Berdasarkan teori-teori diatas maka dapat disimpulkan bahwa *aging population* (penduduk lansia di atas 10%) dapat berkorelasi positif dengan potensi pertumbuhan ekonomi melalui *silver economy*, dengan syarat adanya strategi adaptasi yang tepat melalui tiga mekanisme utama: (1) kekuatan konsumsi lansia yang substansial, (2) dorongan inovasi produk dan layanan khusus, dan (3) transformasi struktural ekonomi yang beradaptasi dengan kebutuhan demografi baru.

Temuan pada penelitian yang telah dijabarkan menunjukkan bahwa dampak ekonomi dari *aging population* tidak bersifat deterministik. Dampaknya sangat bergantung pada kesiapan dan kualitas sumber daya manusia. Sebagian besar studi masih memposisikan *aging population* pada level makro dan berfokus pada lansia, belum ada yang secara spesifik melakukan kajian mekanisme kualitas tenaga kerja khususnya pada pra lansia sebagai faktor kunci yang memediasi dampak ekonomi dari populasi yang menua.

Teori Dampak Ekonomi dari Aging population

World Health Organization (WHO) mendefinisikan *aging population* sebagai kondisi demografis saat proporsi penduduk berusia di atas 60 tahun mencapai 10% dari total populasi (Jiang & Zheng, 2023). Cizelj (2023) menemukan bahwa transisi demografis menuju populasi menua membawa peluang signifikan melalui pengembangan *silver economy*. Populasi lansia memiliki kekuatan ekonomi signifikan, dengan daya beli mencapai 30-40% dari aset global. Teori ini mengubah paradigma lansia dari beban menjadi potensi ekonomi substantif. Teori ini diperkuat oleh Griva dkk. (2024) dan Guo dkk. (2023) yang melihat *aging population* sebagai katalisator pertumbuhan ekonomi baru, bukan sekadar tantangan demografis. Jayawardhana dkk. (2023), mengembangkan teori dualitas dampak yang menyatakan bahwa *aging population* dapat menghasilkan konsekuensi ekonomi positif atau negatif bergantung pada strategi adaptasi suatu negara. Teori ini menjelaskan kompleksitas hubungan antara demografi dan ekonomi.

Acemoglu & Restrepo (2017), menyajikan teori otomatisasi adaptif, menunjukkan *aging population* mendorong adopsi teknologi yang meningkatkan produktivitas. Bloom dkk. (2011), mengembangkan teori dividen demografis kedua, yang menyatakan bahwa *aging population* dapat menghasilkan pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan tabungan dan investasi dalam modal manusia. Berdasarkan teori-teori di atas maka dapat disimpulkan bahwa *aging population* (penduduk lansia di atas 10%) dapat berkorelasi positif dengan potensi pertumbuhan ekonomi melalui *silver economy*, dengan syarat adanya strategi adaptasi yang tepat melalui tiga mekanisme utama: (1) kekuatan konsumsi lansia yang substansial, (2) dorongan inovasi produk dan layanan khusus, dan (3) transformasi struktural ekonomi yang beradaptasi dengan kebutuhan demografi baru.

Temuan pada penelitian yang telah dijabarkan menunjukkan bahwa dampak ekonomi dari *aging population* tidak bersifat deterministik. Dampaknya sangat bergantung pada

kesiapan dan kualitas sumber daya manusia. Sebagian besar studi masih memposisikan *aging population* pada level makro dan berfokus pada lansia, belum ada yang secara spesifik melakukan kajian mekanisme kualitas tenaga kerja khususnya pada pra lansia sebagai faktor kunci yang memediasi dampak ekonomi dari populasi yang menua.

Keterkaitan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia Dengan Pertumbuhan Ekonomi

Santoso & Rakhmawan (2021), menekankan pentingnya pengembangan suatu indeks untuk mengukur kualitas pekerja melalui suatu metode efektif dengan menyederhanakan berbagai variabel menjadi indikator tunggal yang komprehensif. Menurut Komp-Leukkunen dkk. (2022), indeks kualitas pekerja pra lansia berfungsi sebagai sistem monitoring terpadu yang mencakup aspek pendidikan, literasi digital, kesehatan, dan kesiapan finansial pekerja pra lansia. Berdasarkan teori tersebut maka dapat disimpulkan bahwa indeks kualitas pekerja pra lansia merupakan suatu instrumen pengukuran yang komprehensif dari kualitas pekerja pra lansia yang mengintegrasikan berbagai dimensi kondisi pekerja berusia 45-59 tahun.

Pemilihan variabel didasarkan pada kondisi pekerja pra lansia serta temuan penelitian, misalnya status pekerja formal meningkatkan kualitas melalui kepastian hukum dan perlindungan (Ntseane & Solo, 2023; Seyi dkk., 2022), sedangkan pendidikan berhubungan positif dengan produktivitas dan keterampilan analitis (Banawi dkk., 2024; Lövdén dkk., 2020). Sementara itu pendapatan yang memadai dapat meningkatkan motivasi dan kinerja (Idrus dkk., 2024; Olafsen dkk., 2024). Jam kerja yang singkat juga dapat menurunkan produktivitas pekerja (Dewantoro, 2025). Selain itu teknologi dan akses internet yang baik dapat meningkatkan efisiensi dalam bekerja (Nurhakim & Lestari, 2023). Menurut Samuels dkk. (2023), menekankan pentingnya pelatihan berkelanjutan untuk pengembangan keterampilan pekerja. Selain itu adanya jaminan kesehatan dan pensiun serta pembukuan keuangan dapat memberikan rasa aman dan tanggung jawab yang mengurangi stres dan meningkatkan loyalitas serta produktivitas jangka panjang (West & Castro, 2023). Kesehatan fisik dan mental pekerja sangat mempengaruhi tingkat absensi, konsentrasi, dan kemampuan untuk berkontribusi secara optimal dalam pekerjaan (Crossdale & Penning, 2024; Khalid & Arshad, 2024).

Indeks pekerja pra lansia pada penelitian ini dibangun dari 12 variabel utama yang saling terkait yaitu status formalitas pekerjaan, pendapatan, pendidikan, jam kerja, penggunaan teknologi, internet, pelatihan, kepemilikan sertifikat, jaminan kesehatan, jaminan hari tua, pembukuan keuangan dan kesehatan. Indeks kualitas pekerja pra lansia dapat berdampak positif pada terhadap pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan produktivitas pekerja (Lee & Mason, 2017), optimalisasi potensi *silver economy* dengan mengubah tantangan demografi menjadi peluang (Bloom dkk., 2011), pengurangan beban ketergantungan hari tua (Park & Shin, 2023), mitigasi atau mengurangi dampak negatif dari *aging population* (Lobo & Falleiro, 2024; Sun, 2024) serta mendorong adanya adaptasi dan transformasi ekonomi sesuai kebutuhan demografi baru (Jayawardhana dkk., 2023). Dengan demikian dapat disimpulkan indeks kualitas pekerja pra lansia menjadi suatu instrumen strategis dalam mengoptimalkan kontribusi ekonomi kelompok pra lansia dan menjadikan fenomena *aging population* sebagai peluang bagi pertumbuhan ekonomi berkelanjutan.

Nighttime Light (NTL) sebagai Indikator Ekonomi

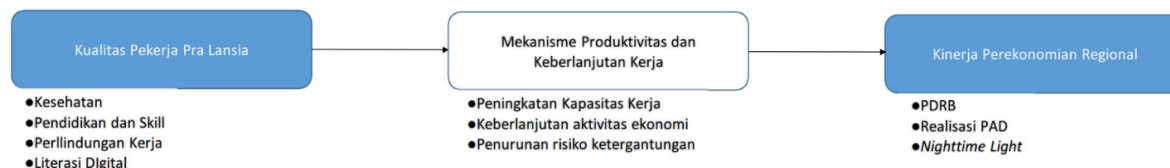
Menurut Afrianto & Graha (2023), *Nighttime Light* (NTL) menggambarkan aktivitas ekonomi suatu wilayah, menjadi indikator perkembangan ekonomi, serta menunjukkan pola distribusi populasi dan penggunaan energi yang berkaitan langsung dengan aktivitas ekonomi. Kamal dkk. (2024), mengungkapkan NTL efektif sebagai *proxy* untuk mendeteksi aktivitas ekonomi dan mengestimasi PDB Indonesia, melengkapi data ekonomi tradisional

yang tidak selalu tersedia secara *real-time*. Menurut Siregar (2024), menemukan bahwa NTL tetap berharga untuk memahami dinamika ekonomi berbasis wilayah karena memberikan informasi tentang pola konsumsi dan perilaku masyarakat. Berdasarkan teori ahli tersebut dapat disimpulkan NTL merupakan indikator ekonomi penting yang dapat melengkapi data tradisional (PDRB) karena memberikan informasi tentang aktivitas ekonomi berbasis wilayah berdasarkan intensitas cahaya malam sehingga meningkatkan akurasi estimasi ekonomi berbasis wilayah, menjadikannya alat efektif dalam perencanaan dan pengambilan kebijakan.

Kerangka Konseptual dan Batasan Penelitian

Penelitian ini berpijak pada modal manusia dan pendekatan *productive aging* yang menempatkan kualitas tenaga kerja sebagai faktor fundamental dalam menentukan kinerja perekonomian. Dalam kerangka ini, kualitas pekerja pra lansia dipandang sebagai aset ekonomi yang memengaruhi kemampuan individu untuk tetap produktif dan berpartisipasi dalam aktivitas ekonomi seiring bertambahnya usia (Bloom dkk., 2010).

Kualitas pekerja pra lansia yang lebih baik secara teoretis meningkatkan kapasitas kerja dan keberlanjutan aktivitas ekonomi individu sebelum memasuki usia lansia. Literatur mengenai *productive aging* dan *healthy aging* menegaskan bahwa investasi pada kualitas tenaga kerja pada fase pra lansia berperan penting dalam mencegah penurunan produktivitas dan meningkatnya ketergantungan ekonomi di usia lanjut (WHO, 2015; Maestas dkk., 2016). Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan kualitas pekerja pra lansia sebagai dasar konseptual bagi perumusan kebijakan preventif, yaitu kebijakan yang diarahkan untuk memperkuat kapasitas kerja sejak dini sebelum dampak ekonomi *aging population* muncul secara lebih luas.



Gambar 2: Kerangka Konseptual Penelitian

Pada tingkat regional, keberlanjutan kapasitas kerja dan aktivitas ekonomi individu berkontribusi terhadap kinerja perekonomian melalui peningkatan output dan intensitas aktivitas ekonomi wilayah. Dalam perspektif pertumbuhan endogen, kualitas modal manusia berperan sebagai mekanisme internal yang mendorong pertumbuhan ekonomi daerah (Romer, 1990). Namun demikian, penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji secara eksplisit mekanisme endogen tersebut, melainkan berfokus pada keterkaitan antara prevalensi kualitas pekerja pra lansia dan kinerja perekonomian regional sebagai kondisi awal dalam menghadapi *aging population*.

Dengan demikian, hubungan yang diestimasi dalam penelitian ini bersifat asosiatif dan interpretatif dalam kerangka kausal teoretis, tanpa mengkaji hubungan dua arah atau umpan balik dari kinerja perekonomian terhadap kualitas tenaga kerja. Batasan ini ditegaskan untuk menjaga konsistensi antara tujuan penelitian, pendekatan preventif yang diusung, dan model empiris yang digunakan.

Berdasarkan telaah literatur tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun penelitian terdahulu telah banyak membahas dampak *aging population* dan potensi *silver economy*, masih terdapat beberapa keterbatasan utama. Pertama, literatur cenderung berfokus pada kelompok lansia atau aspek konsumsi, sementara fase pra lansia sebagai periode transisi

strategis belum banyak dikaji. Kedua, belum terdapat indeks komposit yang secara khusus mengukur kualitas pekerja pra lansia dengan pendekatan preventif. Ketiga, kajian yang mengintegrasikan kualitas pekerja pra lansia dengan perekonomian regional menggunakan pendekatan spasial dan indikator *Nighttime Light* masih sangat terbatas. Kesenjangan inilah yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu menyusun indeks kualitas pekerja pra lansia dan menganalisis pengaruhnya terhadap perekonomian regional Jawa Timur melalui pendekatan spasial dengan memanfaatkan indikator ekonomi konvensional dan *Nighttime Light*.

Metode Penelitian

Tabel 2: Definisi Operasional Variabel Penelitian

No	Variabel	Definisi Operasional	Satuan	Sumber
1	Status Formalitas	Pekerja pra lansia yang bekerja pada sektor formal		
2	Pendapatan	Pekerja pra lansia dengan pendapatan sebulan di atas Rp.2.500.000		
3	Pendidikan	Pekerja pra lansia dengan tingkat Pendidikan minimal SMA sederajat		
4	Jam Kerja	Pekerja pra lansia dengan jam kerja di atas 35 jam seminggu		
5	Teknologi	Pekerja pra lansia yang menggunakan Teknologi dalam bekerja		
6	Internet	Pekerja pra lansia yang menggunakan internet dalam bekerja		
7	Pelatihan	Pekerja pra lansia yang pernah mendapatkan pelatihan dalam satu tahun terakhir	Persen	Mikro Data Sakernas BPS
8	Sertifikat	Pekerja pra lansia yang pernah mendapatkan pelatihan dan memperoleh sertifikat dalam satu tahun terakhir		
9	Jaminan Kesehatan	Pekerja pra lansia yang berstatus buruh/karyawan dan memperoleh jaminan kesehatan		
10	Jaminan Hari Tua	Pekerja pra lansia yang berstatus buruh/karyawan dan memperoleh jaminan hari tua		
11	Pembukuan Keuangan	Pekerja pra lansia yang melakukan pembukuan keuangan		
12	Kesehatan	Pekerja pra lansia yang sementara tidak bekerja dalam seminggu terakhir karena alasan selain sakit (proksi absensi)		
13	<i>Nighttime Light</i>	Data intensitas cahaya malam yang tertangkap oleh citra satelit	nanoWatts/cm ² /sr	Google Earth Engine (VIIRS DNB NOAA)
14	PDRB ADHK 2010	Nilai tambah barang dan jasa dengan tahun dasar 2010	Miliar Rupiah	
15	PDRB Per Kapita ADHK 2010	PDRB dibagi dengan jumlah penduduk	Juta Rupiah/Orang	
16	PDRB ADHK 2010 Sektor Tersier	Nilai tambah ekonomi dari sektor jasa dan perdagangan (tersier)	Miliar Rupiah	BPS
17	Distribusi Sektor Tersier Terhadap Total PDRB	Persentase kontribusi sektor tersier terhadap keseluruhan PDRB	Persen	
18	Realisasi PAD	Jumlah Pendapatan Asli Daerah yang berhasil diperoleh	Miliar Rupiah	DJPk Kemenkeu

Penelitian ini mencakup seluruh wilayah kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur dari tahun 2021 sampai dengan 2023. Variabel memiliki beberapa sumber di antaranya yaitu variabel yang diperoleh dari citra satelit yaitu intensitas cahaya malam. Variabel dibuat searah menjadi positif dengan melakukan invers pada variabel yang berarah negatif untuk memudahkan interpretasi. Berikut adalah tabel daftar variabel dan definisi operasionalnya:

Analisis Faktor Kualitas Pekerja Pra Lansia

Pada tahapan ini terlebih dahulu dilakukan pembentukan faktor kualitas pekerja pra lansia dari sejumlah 12 variabel kondisi pekerja menggunakan analisis faktor eksploratori. Penggunaan analisis faktor eksploratori disebabkan belum terdapat teori atau penelitian terdahulu terkait penyusunan indeks kualitas pekerja pra lansia (Rahim & Saputra, 2018). Dua belas (12) Variabel yang digunakan dalam proses analisis faktor bersumber dari data sekunder hasil Survei Angkatan Kerja Nasional (SAKERNAS) BPS tahun 2021-2023. Penjelasan definisi operasional dari ke-12 variabel mengacu pada Tabel 2 untuk variabel nomor 1 sampai 12.

Analisis faktor dalam penelitian ini dilakukan melalui 5 tahapan sistematis sebagaimana direkomendasikan oleh (Hair dkk., 2018). (1) Tahap pertama mengidentifikasi variabel yang akan dianalisis dengan melakukan standarisasi ke 12 variabel kondisi pekerja menggunakan metode Min-Max. (2) Melakukan pengujian kelayakan data menggunakan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan Bartlett's Test of Sphericity serta uji matriks korelasi antar variabel. Menurut Yamin & Kurniawan (2011), nilai KMO harus lebih besar dari 0,5 dan nilai signifikansi Bartlett's Test kurang dari 0,05 untuk menunjukkan kelayakan analisis. Selain itu, nilai *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) pada *anti-image matrices* juga harus lebih dari 0,5 untuk setiap variabel yang dianalisis (Santoso, 2017). (3) Melakukan ekstraksi faktor yaitu variabel-variabel dikelompokkan menjadi beberapa faktor berdasarkan nilai *eigenvalue* dan persentase varians. Hair dkk. (2018) menyarankan penggunaan nilai *eigenvalue* lebih besar dari 1 sebagai kriteria dalam menentukan jumlah faktor. (4) Melakukan rotasi faktor menggunakan metode orthogonal untuk mendapatkan struktur faktor yang lebih sederhana dan mudah diinterpretasikan (Johnson & Wichern, 2005). (5) Tahap terakhir adalah interpretasi dan menentukan skor faktor berdasarkan metode regresi.

Penyusunan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia

Proses penyusunan indeks kualitas pekerja pra lansia tahun 2021-2023 pada penelitian ini dilakukan dalam 4 tahapan lanjutan. (1) Melakukan standarisasi dari skor faktor yang telah terbentuk pada tahapan sebelumnya menggunakan metode *Min-Max*. (2) Melakukan pemberian bobot secara *unequal* berdasarkan proporsi varians pada setiap faktor yang terbentuk. (3) Melakukan agregasi dari sejumlah faktor yang terbentuk menggunakan metode linier. (4) Melakukan analisis sensitivitas hasil skor indeks yang diperoleh melalui 5 skenario simulasi.

Pemberian Bobot

$$w_k = \frac{V_k}{\sum_{k=1}^m V_k} \quad (1)$$

Agregasi Indeks Kualitas Pekerja,

$$\sum_{k=1}^m W_k F_{jk} \quad (2)$$

bobot faktor ke k, di mana k = 1,2,3...,m

persentase varians faktor ke k, di mana k = 1,2,3...,m

skor faktor ke k pada kabupaten/kota ke j, dimana k = 1,2,3...,m dan j = 1,2,3, ..., 38.

5 Skenario simulasi yaitu:

Skenario 1: standardisasi *Min-Max, unequal weighting*, agregasi linear.

Skenario 2: standardisasi *Min-Max, equal weighting*, agregasi linear.

Skenario 3: standardisasi *Min-Max, unequal weighting*, agregasi geometri.

Skenario 4: standardisasi *Min-Max, equal weighting*, agregasi geometri.

Skenario 5: standardisasi *Z Score, unequal weighting*, agregasi linier.

Penyusunan Indikator Ekonomi

Pada tahap ini dilakukan penyusunan indikator perekonomian yang terdiri dari enam variabel terkait ekonomi. Seluruh variabel tersebut standardisasi dengan menggunakan logaritma natural untuk kemudian dirata-ratakan dengan bobot yang sama pada setiap variabel. Sehingga diperoleh satu variabel yang merepresentasikan keadaan ekonomi daerah Kabupaten/Kota di Jawa Timur yang kemudian disebut dengan variabel indikator ekonomi. Definisi operasional dari variabel-variabel penyusun indikator ekonomi mengacu pada Tabel 2 untuk variabel nomor 13 sampai 18.

Ekstraksi dan agregasi data *Nighttime Lights* dilakukan menggunakan *dataset VIIRS Day/Night Band (DNB) Annual Composite versi 22 (NOAA/VIIRS/DNB/ANNUAL_V22)* yang telah melalui proses pembersihan *noise* sehingga pengaruh cahaya bulan, awan, aurora, dan sumber cahaya sementara dapat diminimalkan. Band *average_masked* digunakan untuk merepresentasikan intensitas radiasi cahaya malam hari tahunan dengan satuan *nanoWatts/cm²/sr* dan resolusi spasial sekitar 463 meter. Untuk setiap tahun pengamatan, citra *VIIRS Annual* difilter berdasarkan tahun kalender dan diekstraksi pada wilayah kajian yang didefinisikan menggunakan *shapefile* batas administrasi. Selanjutnya, nilai *NTL* pada setiap piksel di dalam wilayah kajian diagregasi secara spasial menggunakan statistik zonal berupa nilai rata-rata, sehingga diperoleh satu nilai *NTL* tahunan yang merepresentasikan tingkat intensitas cahaya malam rata-rata untuk setiap unit wilayah analisis. Hasil agregasi tersebut kemudian diekspor dalam format *CSV*.

Analisis Kluster K-Means

Penelitian ini menggunakan analisis kluster untuk melihat sebaran wilayah dari kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan indeks kualitas pekerja pra lansia dan indikator ekonominya. Kabupaten/kota dengan karakteristik yang mirip akan terkelompok dan menjadi satu kluster, sementara kabupaten/kota lain terkelompok menjadi kluster yang lain (Dewantoro, 2023). Titik pusat dari masing-masing kluster disebut sebagai *centroid*.

Algoritma K-Means umum digunakan karena sederhana dan efisien (Harding dkk., 2006). K-Means juga diakui sebagai satu dari sepuluh algoritma teratas untuk data mining dan kluster (Wu dkk., 2007). Adapun alur kerja dari algoritma K-Means dimulai dari menentukan jumlah kluster idel, menentukan nilai *centroid* awal, menghitung jarak data dengan *centroid* awal, menentukan kluster berdasarkan jarak terdekat dengan *centroid* awal, melakukan iterasi dengan membentuk *centroid* baru dari kluster yang terbentuk (Jatnika dkk., 2021). Menentukan jumlah kluster ideal dengan metode *elbow*. Pola tersebut membentuk seperti siku yang disajikan dalam bentuk grafik yang menampilkan jumlah kluster dengan nilai *sum square of error (SSE)* (Maori & Evanita, 2023). Jarak dihitung dengan persamaan *Euclidean Distance* sebagai berikut:

$$de = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2} \quad (3)$$

x_i adalah data pada variabel ke- i , c_i adalah *centroid* pada variabel ke- i , dan n adalah banyaknya parameter.

Analisis Regresi Panel Spasial

Analisis dengan penggabungan antara data *cross section* dan *time series* biasa dikenal dengan analisis data panel. Analisis data panel, sampel individu yang sama diukur dengan periode waktu yang berbeda. Model untuk data panel memiliki tiga pendekatan yaitu *Common Effect Model (CEM)*, *Fixed Effect Model (FEM)*, dan *Random Effect Model (REM)*.

Dalam menentukan pendekatan model data panel yang ideal, penelitian ini menggunakan beberapa pengujian statistik. Pengujian yang dimaksud adalah uji Chow untuk membandingkan model terbaik antara CEM dan FEM, dan uji Hausman untuk membandingkan model terbaik antara REM dan FEM. Uji Chow memiliki hipotesis nol yaitu $a_1 = a_2 = \dots = a_N = 0$ atau dalam kata lain CEM lebih tepat untuk digunakan dibandingkan FEM. Statistik uji Chow mengikuti distribusi F dengan formula sebagai berikut (Diputra dkk., 2012):

$$F = \frac{\frac{RRSS - URSS}{N - 1}}{(URSS) / (NT - N - K)} \quad (4)$$

RRSS adalah jumlah kuadrat *error* pada CEM dan URSS adalah jumlah kuadrat *error* pada FEM, N adalah total unit individu, T adalah unit waktu, dan K adalah jumlah variabel bebas. Hipotesis nol akan ditolak saat nilai $F > F(NT - N - K)$.

Uji Hausman membandingkan REM dan FEM dengan hipotesis $null\ corr(X_{it}, \varepsilon_i) = 0$ yang artinya REM lebih tepat untuk digunakan. Statistik uji Hausman mengikuti distribusi *chi-square* dengan formula sebagai berikut:

$$W = (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})' [var(\hat{\beta}_{REM})]^{-1} (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}) \quad (5)$$

$\hat{\beta}_{FEM}$ adalah vektor estimasi parameter untuk FEM $\hat{\beta}_{REM}$, adalah vektor parameter estimasi untuk REM. Hipotesis nol akan ditolak saat nilai $W \geq X^2_{(a,df)}$.

Pembobotan spasial memiliki peran yang vital dalam pemodelan spasial. Matriks pembobot spasial bisa dikategorikan menjadi beberapa kategori antara lain yaitu *distance band*, *K-Nearest Neighbour*, matriks jarak pangkat, matriks jarak pangkat ganda, dan matriks jarak eksponensial. Matriks pembobot spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah *K-Nearest Neighbour (KNN)*. KNN mengacu pada k-tetangga terdekat dengan setiap baris menurut tetangga terdekat akan memiliki k kolom buah j yang berelemen 1 dan selainnya bernilai 0.

Hasil dari bobot spasial kemudian digunakan untuk mengukur autokorelasi spasial secara global dengan menggunakan Indeks Moran (*Moran's Index*). Indeks Moran yang terstandarisasi memiliki rentang nilai $-1 \leq I \leq 1$ dan menunjukkan arah dari autokorelasi spasial yang terbentuk. Indeks Moran mengikuti distribusi normal dengan hipotesis *null* yaitu tidak terdapat autokorelasi spasial dan hipotesis *null* akan ditolak saat $Z(I) > Z_{1-\alpha}$.

Untuk mengecek adanya dependensi spasial, penelitian ini perlu melakukan uji statistik yaitu uji *Lagrange Multiplier (LM)*. Pengecekan dependensi spasial dilakukan untuk mengecek adanya dependensi spasial pada *lag* dan pada *error*. Hipotesis nol dari pengujian pada *lag* adalah tidak adanya dependensi spasial pada *lag* dan Hipotesis nol dari pengujian pada *error* adalah tidak adanya dependensi spasial pada *error*. Pada penelitian ini, hipotesis nol untuk pengujian spasial *lag* akan ditolak saat $LM_{lag} > X^2_{a,103}$. Untuk pengujian spasial *error*, hipotesis nol akan ditolak saat $LM_{error} > X^2_{a,3}$.

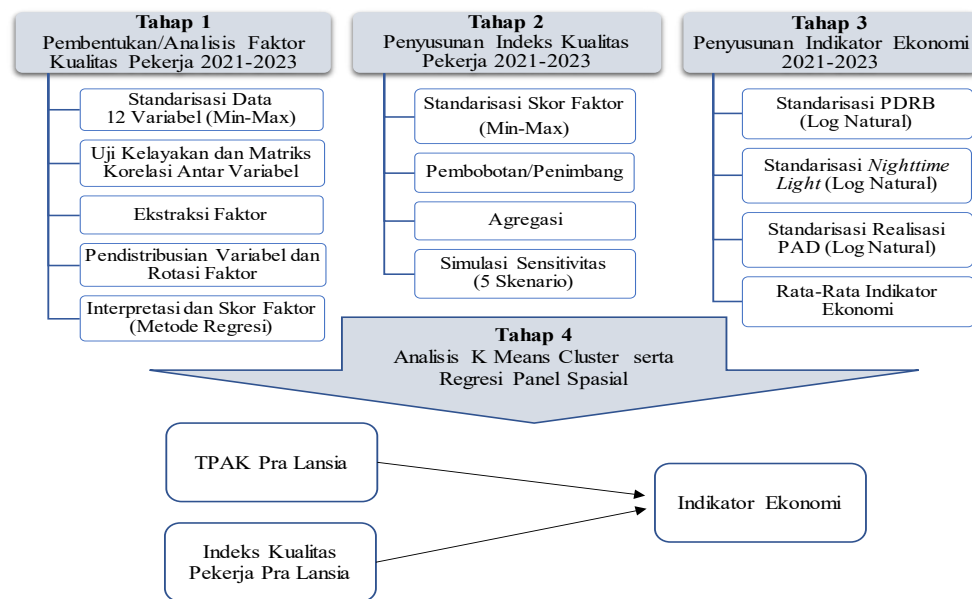
Model spasial yang terbentuk akan mengikuti hasil pengujian dari uji dependensi yang dilakukan. Dalam hal regresi panel spasial, model spasial akan dikombinasikan dengan model

panel yang terpilih. Contohnya seperti model FEM dikombinasikan dengan model *Spatial Autoregressive* (SAR), model tersebut akan mengasumsikan bahwa unit lokasi dan waktu bisa ditentukan lebih dulu dengan intersep berbeda pada setiap lokasi berbeda dan dengan *slope* yang konstan. Berikut adalah persamaan untuk model *Spatial Autoregressive Fixed Effect Model* (SAR-FEM)(Elhorst, 2014):

$$Y_{it} = \delta \sum_{j=1}^N w_{ij} y_{jt} + X_{it} \beta + u_i + \epsilon_{it} \tag{6}$$

Y_{it} adalah variabel dependen unit ke-i waktu ke-t, X_{it} adalah variabel independen unit ke-i waktu ke-t, β adalah koefisien regresi, w_{ij} adalah elemen matriks pembobot pada baris ke-i kolom ke-j, u_i adalah intersep dari *spatial fixed effect* pada lokasi ke-i, ϵ_{it} adalah *error* unit ke-i waktu ke-.

Untuk pengujian signifikansi parameter, hipotesis nol yaitu $\beta_k = 0$. Pengujian signifikansi parameter mengikuti distribusi t. Nilai parameter akan dikatakan signifikan pada tingkat *alpha error* saat nilai statistik uji $t_{\beta_k} > t_{\frac{\alpha}{2}, N-1}$. Ketepatan model yang dibentuk diukur dengan beberapa indikator yaitu nilai R^2 , *adjusted R^2*, *Akaike Information Criterion* (AIC), dan *Bayesian Information Criterion* (BIC). Semakin besar nilai R^2 , *adjusted R^2*, model yang terbentuk akan semakin baik. Semakin kecil nilai AIC dan BIC, model yang terbentuk akan semakin baik.



Gambar 3: Alur Analisis Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisis Faktor Kualitas Pekerja Pra Lansia 2021-2023

Tabel 3: Hasil Uji Kelayakan Analisis Faktor Kualitas Pekerja Pra Lansia Tahun 2021-2023

Uji	Tahun 2021		Tahun 2022		Tahun 2023	
	Nilai Uji	Signifikansi	Nilai Uji	Signifikansi	Nilai Uji	Signifikansi
KMO	0,855	-	0,844	-	0,869	-
Bartlett	711,268	0,000	720,367	0,000	582,873	0,000
MSA	> 0,5	12 Variabel	> 0,5	12 Variabel	> 0,5	11 Variabel
Communalities	> 0,5	12 Variabel	> 0,5	12 Variabel	> 0,5	11 Variabel

Hasil uji kelayakan analisis faktor yang terlihat pada Tabel 3 menunjukkan konsistensi kesesuaian data selama periode 2021-2023. Nilai KMO yang stabil di kisaran 0,844-0,869 (di atas 0,5) mengindikasikan kecukupan sampel yang sangat baik (Yamin & Kurniawan, 2011). Selain itu Uji Bartlett yang signifikan ($p\text{-value} < 0,05$) mengkonfirmasi adanya korelasi antar variabel yang memadai. Selanjutnya uji matriks korelasi yang ditunjukkan oleh nilai *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) dan *Communalities* pada tahun 2021 dan 2022 memberikan hasil seluruh variabel yang digunakan memiliki nilai $> 0,5$ yang artinya layak dianalisis untuk membentuk faktor kualitas pekerja pra lansia. Sementara itu pada tahun 2023 terdapat 1 variabel yang memiliki nilai MSA dan *Communalities* $< 0,05$ sehingga hanya terdapat 11 variabel yang layak dianalisis untuk membentuk faktor kualitas pekerja pra lansia.

Tabel 4: Ringkasan Ekstraksi Faktor dan Varians Terjelaskan dalam Penyusunan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia Tahun 2021-2023

Rincian	Tahun 2021			Tahun 2022			Tahun 2023		
	<i>Eigen Value</i>	% Varians	Bobot	<i>Eigen Value</i>	% Varians	Bobot	<i>Eigen Value</i>	% Varians	Bobot
Faktor 1	5,215	43,459	0,4827	8,822	73,513	0,8799	7,282	66,196	0,7951
Faktor 2	3,914	32,621	0,3623	1,204	10,030	0,1201	1,876	17,054	0,2049
Faktor 3	1,675	13,955	0,1550	-	-	-	-	-	-
Total	10,804	90,035	1	10,025	83,543	1	9,157	83,250	100
Agregasi	0,4827 F₁ + 0,3623 F₂ + 0,155 F₃			0,8799 F₁ + 0,1201 F₂			0,7951 F₁ + 0,2049 F₂		

Sumber: Hasil Olah Data Sekunder

Setelah uji kelayakan terpenuhi, proses selanjutnya adalah ekstraksi faktor untuk menentukan jumlah faktor yang terbentuk dalam proses penyusunan indeks kualitas pekerja pra lansia. Jika dilihat dari nilai *eigen value* > 1 yang tertuang pada Tabel 4, maka pada tahun 2021 terbentuk sebanyak 3 faktor kualitas pekerja pra lansia sedangkan pada tahun 2022-2023 hanya terbentuk sebanyak 2 faktor kualitas pekerja pra lansia. Pada tahun 2021 dari 3 faktor yang terbentuk mampu menjelaskan 90,035% dari total variasi dalam 12 variabel kualitas yang digunakan. Sementara itu pada tahun 2022 dan 2023 dari 2 faktor yang terbentuk mampu menjelaskan sebesar 83,543 % dan 83,25% dari total variasi pada 12 maupun 11 variabel kualitas pekerja. Hasil dari jumlah faktor kualitas yang terbentuk sebanyak 2 ataupun 3 sudah sangat mewakili variasi data dalam 12 variabel yang digunakan karena melebihi batas minimum 60% variasi (Hair dkk., 2018). Dengan demikian, jumlah faktor kualitas yang terbentuk pada tahun 2021-2023 sangat layak digunakan untuk menyusun indeks kualitas pekerja pra lansia.

Tabel 5 menunjukkan bahwa pada tahun 2021 faktor 1 didominasi oleh variabel terkait kondisi pekerja meliputi Jam Kerja (0,900), Status Formal (0,882), Pendapatan (0,808), dan Pembukuan keuangan (0,805). Sedangkan faktor 2 didominasi oleh variabel terkait pengembangan kapasitas seperti kepemilikan sertifikat (0,854) dan pelatihan (0,846) kemudian variabel kesehatan (0,884) sebagai faktor 3 tersendiri. Perubahan drastis terjadi pada tahun 2022, di mana hampir semua variabel terkonsentrasi pada faktor 1 dengan pendidikan, internet, dan teknologi memiliki *factor loading* tertinggi ($> 0,94$), sementara kesehatan tetap sebagai variabel dominan pada Faktor 2. Pola serupa berlanjut pada tahun 2023, dengan pendapatan berpindah ke faktor 2 bersama kesehatan. Pola ini menunjukkan adanya konsolidasi variabel-variabel kualitas pekerja pra lansia dari 3 faktor (2021) menjadi 2 faktor (2022-2023).

Tabel 5: Distribusi Variabel dan *Factor Loading* dalam Analisis Faktor Kualitas Pekerja Pra Lansia Tahun 2021-2023

Tahun 2021			Tahun 2022			Tahun 2023		
Jumlah Faktor	Variabel	<i>Factor Loading</i>	Jumlah Faktor	Variabel	<i>Factor Loading</i>	Jumlah Faktor	Variabel	<i>Factor Loading</i>
Faktor 1	Jam Kerja	0,900	Faktor 1	Pendidikan	0,979	Faktor 1	Pendidikan	0,944
	Formal	0,882		Internet	0,960		Internet	0,941
	Pendapatan	0,808		Teknologi	0,949		Sertifikat	0,938
	Pembukuan	0,805		Formal	0,937		Teknologi	0,918
	Internet	0,725		Sertifikat	0,936		Pelatihan	0,909
	Teknologi	0,717		Jaminan Kesehatan	0,924		Formal	0,868
	Pendidikan	0,701		Pembukuan	0,920		Pembukuan	0,857
	Jaminan Kesehatan	0,606		Pelatihan	0,910		Jam Kerja	0,813
Faktor 2	Sertifikat	0,854	Faktor 2	Pendapatan	0,795	Faktor 2	Jaminan Kesehatan	0,722
	Pelatihan	0,846		Jaminan Pensiun	0,751		Kesehatan	0,898
	Jaminan Pensiun	0,748		Jam Kerja	0,749		Pendapatan	0,669
Faktor 3	Kesehatan	0,884	Faktor 2	Kesehatan	0,944			

Sumber: Hasil Olah Data Sekunder

Konsolidasi variabel tersebut mengindikasikan pergeseran determinan kualitas pekerja pra lansia dari aspek kondisi kerja (2021) menjadi kapasitas digital, pendidikan dan pelatihan (2022-2023). Sementara itu kesehatan konsisten sebagai faktor independen (2021-2023). Konsolidasi ini mengindikasikan bahwa kualitas pekerja pra lansia dapat diukur melalui dua dimensi utama: kapasitas produktif (pendidikan, pelatihan dan digital) serta kondisi kesehatan. Peningkatan *factor loading* variabel pendidikan, pelatihan, kepemilikan sertifikat, internet, dan teknologi pada faktor 1 di tahun 2022-2023 (semua di atas 0,9) menggarisbawahi pentingnya kapasitas digital, pendidikan serta pelatihan dalam menentukan kualitas pekerja pra lansia. Menurut studi oleh [OECD \(2019\)](#), adaptasi digital merupakan kunci partisipasi ekonomi kelompok lanjut usia dalam ekonomi modern. Selain itu penelitian oleh ([Banawi dkk., 2024](#); [Lövdén dkk., 2020](#); [Nurhakim & Lestari, 2023](#)) menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas digital, pendidikan dan adanya pelatihan pada pekerja pra lansia dapat memperpanjang masa produktif serta meningkatkan pendapatan. Temuan ini mengimplikasikan perlunya prioritas kebijakan program peningkatan literasi digital, pendidikan serta pelatihan secara berkelanjutan bagi pekerja pra lansia untuk mengoptimalkan potensi *silver economy* di Jawa Timur.

Variabel Kesehatan secara konsisten membentuk faktor terpisah selama tiga tahun dengan *factor loading* tinggi (0,884-0,944), mengindikasikan pentingnya aspek kesehatan sebagai determinan independen kualitas pekerja pra lansia. Studi [WHO \(2015\)](#), tentang *healthy aging* menekankan bahwa investasi kesehatan pada kelompok usia lanjut memberikan pengembalian ekonomi positif melalui perpanjangan masa produktif. Oleh karena itu kebijakan program kesehatan preventif bagi pekerja pra lansia di Jawa Timur dapat menjadi investasi strategis untuk mengoptimalkan kontribusi ekonomi mereka di masa lansia. Sementara itu variabel status formal pekerjaan juga konsisten memiliki *factor loading* tinggi (0,882-0,937) selama tiga tahun, menegaskan pentingnya formalisasi pekerjaan bagi pekerja pra lansia.

Studi oleh (Ntseane & Solo, 2023; Seyi dkk., 2022) menemukan bahwa formalisasi status pekerjaan pada kelompok usia lanjut berkorelasi positif dengan ketahanan ekonomi dan partisipasi berkelanjutan dalam pasar kerja. Dengan demikian perlunya prioritas kebijakan yang mendorong formalisasi pekerjaan pada pekerja pra lansia di Jawa Timur sebagai upaya dalam pengembangan potensi *silver economy* di masa yang akan datang.

Hasil Penyusunan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia 2021-2023

Sebelum menggunakan hasil pembobotan dari setiap faktor kualitas yang disajikan pada Tabel 4, terlebih dahulu dilakukan analisis sensitivitas melalui 5 skenario simulasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa indeks yang dihasilkan stabil dan dapat diandalkan. Mengacu kepada metode yang dikemukakan oleh (Salvati & Carlucci, 2014), indeks yang stabil harus memaksimalkan korelasi peringkat antar skenario dan meminimalkan rata-rata perbedaan absolut peringkat antar skenario. Berdasarkan Tabel 7, terlihat bahwa korelasi Spearman antar simulasi cukup tinggi, berkisar antara 0,75 hingga 0,98. Simulasi I dan V memiliki rata-rata korelasi Spearman sebesar 0,91 yang menunjukkan keduanya memiliki tingkat kestabilan yang tinggi. Dari sisi perbedaan absolut peringkat (Tabel 6), simulasi I memiliki rata-rata perbedaan absolut terendah sebesar 2,54 yang mengindikasikan bahwa simulasi I memiliki perbedaan peringkat yang paling minimal dengan simulasi lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa simulasi I mempunyai kombinasi terbaik antara korelasi tinggi dan perbedaan peringkat rendah, sehingga dapat dianggap sebagai skenario paling stabil untuk digunakan dalam penyusunan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia.

Tabel 6: Rata-Rata Perubahan Absolut Peringkat Tahun 2021-2023

	Simulasi I	Simulasi II	Simulasi III	Simulasi IV	Simulasi V	Rata-Rata
Simulasi I	0,00	4,35	2,49	4,56	1,30	2,54
Simulasi II	4,35	0,00	5,67	3,26	5,16	3,69
Simulasi III	2,49	5,67	0,00	3,33	1,98	2,69
Simulasi IV	4,56	3,26	3,33	0,00	4,44	3,12
Simulasi V	1,30	5,16	1,98	4,44	0,00	2,58

Tabel 7: Rata-Rata Korelasi Spearman Tahun 2021-2023

	Simulasi I	Simulasi II	Simulasi III	Simulasi IV	Simulasi V	Rata-Rata
Simulasi I	1,00	0,76	0,98	0,84	0,96	0,91
Simulasi II	0,76	1,00	0,75	0,95	0,80	0,85
Simulasi III	0,98	0,75	1,00	0,86	0,93	0,90
Simulasi IV	0,84	0,95	0,86	1,00	0,86	0,90
Simulasi V	0,96	0,80	0,93	0,86	1,00	0,91

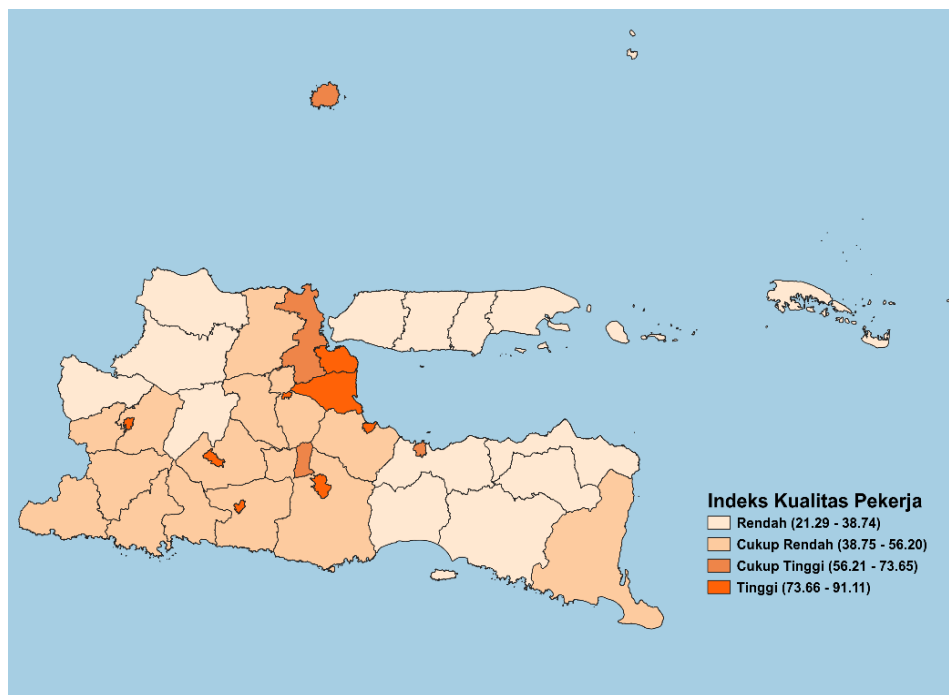
Mengacu kepada hasil perhitungan bobot di setiap faktor menggunakan simulasi I (standarisasi metode *Min-Max* dan Agregasi Linier) pada tabel 3, maka diperoleh perumusan indeks kualitas pekerja pra lansia untuk setiap tahun, sebagai berikut:

- Tahun 2021: $0,4827 F1 + 0,3623 F2 + 0,155 F3$
- Tahun 2022: $0,8799 F1 + 0,1201 F2$
- Tahun 2023: $0,7951 F1 + 0,2049 F2$

Hasil perhitungan Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia pada 38 Kabupaten/Kota di Jawa Timur selama periode 2021-2023 menunjukkan variasi yang cukup signifikan antar

wilayah. Berdasarkan tabel 7 dapat diambil beberapa kesimpulan terkait kondisi kualitas pekerja pra lansia, antara lain: **(1)** Selama tahun 2021-2023 terjadi **kesenjangan antara kota dan kabupaten** terkait kualitas pekerja pra lansia. Kota-kota di Jawa Timur secara konsisten menempati peringkat teratas dalam Indeks Kualitas Pekerja Pra lansia. Kota Madiun, Kota Blitar, Kota Surabaya, Kota Malang, Kota Pasuruan, Kota Kediri, dan Kota Mojokerto berada di peringkat 10 besar selama 2021-2023. Kesenjangan ini mencerminkan adanya ketimpangan akses pekerja pra lansia terhadap pendidikan, pelatihan kerja, jaminan kesehatan dan hari tua, adaptasi digital, serta peluang ekonomi antara wilayah perkotaan dan perdesaan.

(2) Wilayah Tapal Kuda seperti Lumajang, Jember, Bondowoso, Situbondo, dan Probolinggo memiliki nilai indeks kualitas pekerja yang relatif rendah. Probolinggo bahkan konsisten berada di peringkat bawah dengan rata-rata nilai indeks hanya 27,16 (peringkat ke 37). **(3) Kabupaten-kabupaten di Pulau Madura** (Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep) secara konsisten selama 2021-2023 berada pada kelompok dengan nilai indeks kualitas rendah, dengan Sampang mempunyai nilai rata-rata indeks terendah sebesar 21,29 berada di peringkat ke 38. **(4) Kabupaten yang merupakan kawasan industri utama dan berada dekat dengan kota Surabaya** seperti Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Gresik menunjukkan performa yang baik. Contohnya Kabupaten Sidoarjo mempunyai nilai indeks tertinggi secara konsisten selama 2021- 2023 dengan rata-rata sebesar 91,11 (peringkat 1).



Gambar 4: Hasil Pemetaan Rata-Rata Nilai Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia 2021-2023

Berdasarkan pemetaan rata-rata nilai Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia di Jawa Timur tahun 2021-2023, terlihat adanya pola spasial yang cukup jelas. Wilayah perkotaan dan kawasan industri di sekitar Surabaya seperti Sidoarjo dan Gresik menunjukkan nilai indeks tinggi, sedangkan terjadi gradasi nilai yang semakin menurun ke arah timur (wilayah Tapal Kuda) dan ke utara (Pulau Madura). Pola ini mengindikasikan adanya autokorelasi spasial, di mana wilayah yang berdekatan secara geografis cenderung memiliki karakteristik nilai indeks yang serupa (Rahmawati & Bimanto, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor lokasi dan kedekatan antar wilayah memiliki pengaruh terhadap kualitas pekerja pra lansia, sehingga diperlukan analisis lebih lanjut menggunakan metode statistik spasial.

Tabel 8: Nilai dan Peringkat Hasil Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia Tahun 2021-2023

Kode	Kabupaten/Kota	Tahun 2021		Tahun 2022		Tahun 2023		Rata-Rata 3 Tahun	
		Nilai	Rank	Nilai	Rank	Nilai	Rank	Nilai	Rank
1	Pacitan	51,54	15	34,75	27	39,21	26	41,83	22
2	Ponorogo	42,65	28	50,08	14	37,36	30	43,36	20
3	Trenggalek	47,54	20	37,21	26	39,24	25	41,33	23
4	Tulungagung	51,64	14	45,93	16	53,42	13	50,33	14
5	Blitar	36,22	33	40,96	20	42,49	21	39,89	25
6	Kediri	42,93	27	38,30	23	38,54	27	39,92	24
7	Malang	47,77	19	41,73	18	43,66	19	44,39	19
8	Lumajang	40,54	29	21,41	37	24,42	36	28,79	36
9	Jember	39,98	31	30,07	32	39,34	24	36,47	30
10	Banyuwangi	43,97	26	39,38	21	50,30	15	44,55	18
11	Bondowoso	29,47	38	37,59	25	25,34	34	30,80	35
12	Situbondo	40,21	30	38,00	24	36,44	31	38,21	26
13	Probolinggo	33,62	37	22,60	36	25,25	35	27,16	37
14	Pasuruan	49,00	17	41,41	19	45,47	17	45,29	17
15	Sidoarjo	90,47	1	90,94	3	91,92	1	91,11	1
16	Mojokerto	55,19	12	44,41	17	55,25	12	51,62	13
17	Jombang	46,85	23	54,56	12	43,04	20	48,15	16
18	Nganjuk	34,48	35	33,08	29	37,69	29	35,08	32
19	Madiun	46,60	24	38,92	22	44,31	18	43,27	21
20	Magetan	52,09	13	50,72	13	52,40	14	51,74	12
21	Ngawi	46,29	25	28,63	34	39,53	23	38,15	28
22	Bojonegoro	47,37	21	28,94	33	38,17	28	38,16	27
23	Tuban	37,55	32	34,08	28	42,26	22	37,96	29
24	Lamongan	50,54	16	49,35	15	48,35	16	49,42	15
25	Gresik	69,22	10	58,76	10	68,87	10	65,61	10
26	Bangkalan	47,33	22	28,50	35	23,37	37	33,07	33
27	Sampang	34,30	36	12,01	38	17,56	38	21,29	38
28	Pamekasan	48,33	18	30,83	31	29,27	32	36,14	31
29	Sumenep	36,20	34	31,96	30	27,05	33	31,74	34
71	Kota Kediri	81,10	7	81,04	6	73,33	9	78,49	7
72	Kota Blitar	81,33	6	92,27	2	86,25	6	86,62	3
73	Kota Malang	83,82	3	82,89	5	87,24	3	84,65	5
74	Kota Probolinggo	71,60	8	69,92	9	63,16	11	68,23	9
75	Kota Pasuruan	71,20	9	80,41	7	73,45	8	75,02	8
76	Kota Mojokerto	89,04	2	77,03	8	86,69	4	84,25	6
77	Kota Madiun	82,28	5	95,74	1	86,34	5	88,12	2
78	Kota Surabaya	83,79	4	85,28	4	88,41	2	85,83	4
79	Kota Batu	63,45	11	54,96	11	73,66	7	64,02	11

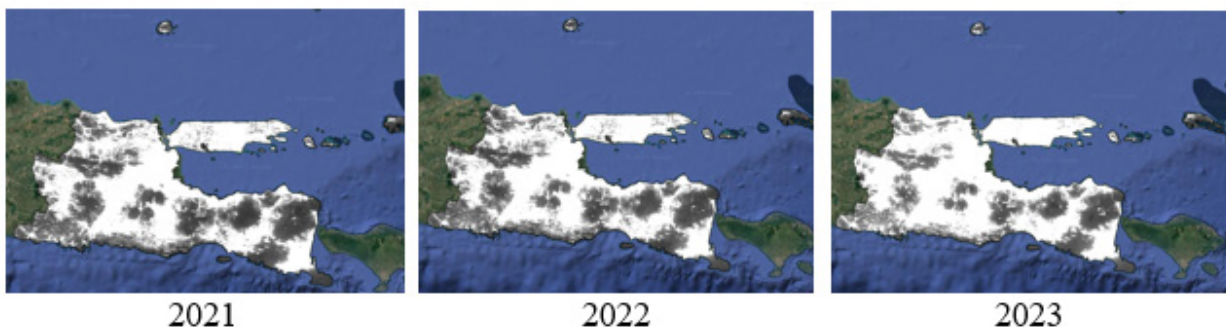
Hasil penjelasan mengungkapkan adanya potensi pengembangan *silver economy* di Jawa Timur, terutama pada wilayah dengan konsentrasi pekerja pra lansia berkualitas tinggi. Beberapa implikasi penting terkait potensi *silver economy* berdasarkan hasil perhitungan

indeks kualitas yang telah diperoleh: (1) Pasar Tenaga Kerja: Kualitas pekerja pra lansia yang tinggi di wilayah perkotaan menunjukkan adanya potensi pemanfaatan pengalaman dan keahlian mereka dalam berbagai sektor ekonomi. Hal ini sejalan dengan temuan (Lobo & Falleiro, 2024; Park & Shin, 2023) yang menyoroti peran penting pekerja lanjut usia dalam mengatasi tantangan defisit tenaga kerja. (2) Pengembangan Industri Pendukung: Disparitas kualitas pekerja pra lansia antar wilayah menunjukkan perlunya pengembangan industri pendukung yang fokus pada penyediaan layanan kesehatan, pendidikan, dan pelatihan untuk meningkatkan produktivitas pekerja pra lansia, terutama di wilayah dengan indeks kualitas rendah (Banawi dkk., 2024; Crossdale & Penning, 2024; Khalid & Arshad, 2024; Lövdén dkk., 2020; Samuels dkk., 2023).

(3) Inovasi dan Kewirausahaan: Wilayah dengan indeks kualitas pekerja yang tinggi seperti Sidoarjo, Kota Surabaya, dan Kota Malang memiliki potensi untuk mengembangkan ekosistem inovasi dan kewirausahaan yang memanfaatkan keterampilan, pengalaman dan jaringan yang dimiliki oleh pekerja pra lansia. Hal tersebut pada akhirnya dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi daerah melalui kegiatan kewirausahaan dan penyebaran pengetahuan (Bayramova, 2024; Kraus dkk., 2021). (4) Keberlanjutan Sistem Jaminan Sosial: Kualitas pekerja pra lansia yang baik berimplikasi pada penurunan beban sistem jaminan sosial melalui perpanjangan masa produktif atau penurunan ketergantungan hari tua serta peningkatan kemandirian finansial kelompok pra lansia (Bloom dkk., 2010).

Hasil Penyusunan Indikator Ekonomi

Data *NTL* sebagai salah satu variabel penyusun indikator ekonomi dalam penelitian ini dikumpulkan dari VIIRS DNB NOAA dengan alat bantu *Earth Engine*. *NTL* yang dikumpulkan adalah nilai rata-rata dalam satu tahun selama periode waktu 2021 sampai dengan 2023. Gambar 5 memperlihatkan perkembangan intensitas cahaya pada malam hari dari seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur selama periode 2021 sampai 2023. Pada tahun 2021, intensitas cahaya malam di Provinsi Jawa Timur terkonsentrasi pada wilayah perkotaan dan industri di sekitar Kota Surabaya. Pada tahun 2023, sebaran intensitas cahaya malam di Jawa Timur terlihat lebih merata di beberapa wilayah.

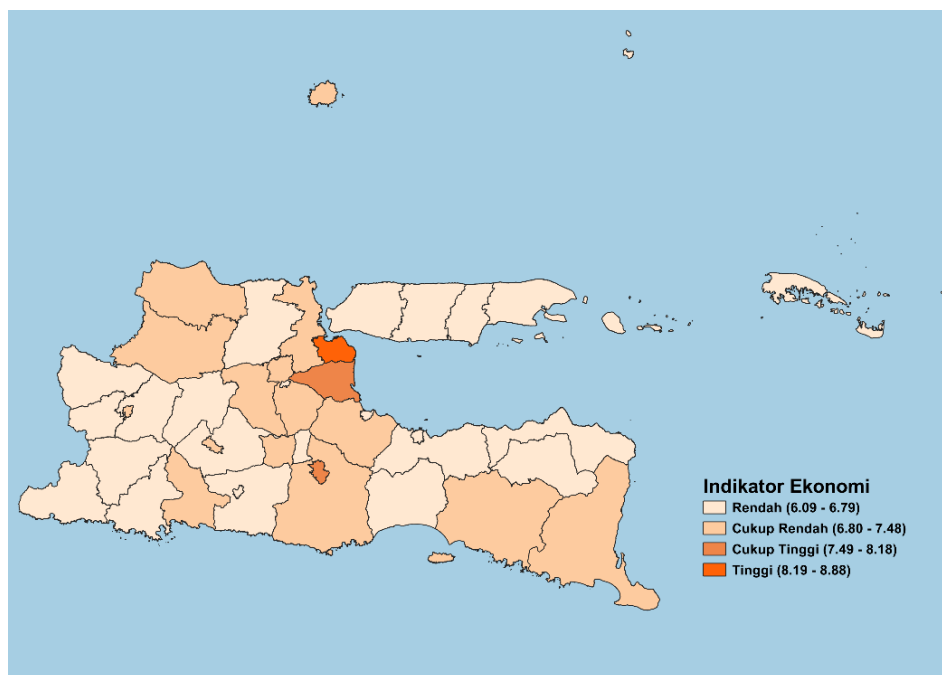


Gambar 5: Visualisasi *Nighttime Light* Jawa Timur 2021 - 2023

Meskipun secara visual hasil dari pengumpulan data *NTL* menunjukkan adanya sebaran yang lebih merata, data PDRB dan realisasi PAD yang juga menyusun indikator ekonomi dalam penelitian ini menunjukkan adanya ketimpangan perekonomian dari kabupaten/kota di Jawa Timur. Hal ini menyebabkan adanya nilai ekstrem atau *outlier* seperti pada Kota Surabaya yang pada nantinya akan mempengaruhi model data spasial panel yang akan dilakukan. Secara rata-rata, nilai indikator ekonomi yang dihasilkan diklasifikasikan menjadi empat kelas dengan nilai interval yang sama rata. Gambar 6 menunjukkan visualisasi pemetaan dari rata-rata nilai indikator ekonomi (PDRB, *NTL* dan PAD) dari tahun 2021 sampai 2023. Hanya Kota Surabaya

yang terklasifikasi sebagai wilayah dengan Indikator Ekonomi yang tinggi. Diikuti dengan Sidoarjo dan Kota Malang yang terklasifikasi sebagai cukup tinggi. Hasil visualisasi ini semakin memperjelas adanya ketimpangan perekonomian di wilayah Jawa Timur.

Penjelasan deskriptif dari indikator ekonomi ini memperjelas adanya keterkaitan antara indikator ekonomi dan indeks kualitas pekerja pra lansia yang telah dihasilkan. Kesenjangan perekonomian pada wilayah kabupaten dan kota, pengembangan kawasan industri, wilayah di Pulau Madura dan wilayah Tapal Kuda menjadi poin yang beririsan. Hal tersebut menegaskan bahwa kedua fokus utama dalam penelitian ini memang memiliki keterkaitan dan sama-sama mempunyai pola spasial yang cukup jelas. Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor lokasi dan kedekatan antar wilayah juga memiliki pengaruh terhadap kondisi perekonomian regional, sehingga diperlukan analisis lebih lanjut menggunakan metode statistik spasial.



Gambar 6: Hasil Pemetaan Rata-Rata Nilai Indikator Ekonomi 2021-2023

Hasil Analisis K-Means Cluster

Hasil analisis *K-Means Cluster* menggunakan metode elbow menunjukkan penurunan tajam dari $k=1$ ke $k=2$, kemudian mulai melandai setelahnya. Titik siku (*elbow point*) yang jelas terlihat pada $k=2$ mengindikasikan bahwa penambahan jumlah *cluster* setelah $k=2$ tidak memberikan penurunan variasi dalam kelompok yang signifikan. Pola ini konsisten untuk ketiga tahun pengamatan (2021-2023) sehingga secara umum terbentuk dua kelompok wilayah yang berbeda karakteristiknya. Selama tiga tahun *cluster* 1 mempunyai karakteristik nilai indeks kualitas pekerja pra lansia yang rendah dan nilai indikator perekonomian yang rendah pula. *cluster* 1 didominasi oleh 27-28 Kabupaten termasuk seluruh wilayah Tapal Kuda dan Madura. Sementara itu *cluster* 2 terdiri dari 8-9 Kota di Jawa Timur serta Kabupaten Sidoarjo dan Gresik, dengan nilai indeks kualitas pekerja pra lansia dan indikator ekonomi yang tinggi. Hasil *cluster* yang terbentuk tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Cui dkk., 2024; Malikova, 2020) bahwa wilayah dengan indeks kualitas pekerja pra lansia yang lebih tinggi berbanding lurus dengan potensi peningkatan indikator perekonomian regional.

Sebagian besar kabupaten/kota (36 dari 38) menunjukkan konsistensi *cluster* selama 2021-2023, mengindikasikan ketimpangan struktural yang berkelanjutan. Hanya Kabupaten

p-value yang lebih rendah dari 0,05. Dengan demikian, ditemukan cukup bukti untuk menolak hipotesis nol dari uji *Chow* dan dapat disimpulkan bahwa model FEM lebih baik dari model CEM dalam penelitian ini pada tingkat *alpha error* 5 persen. Kemudian hasil dari pengujian *Hausman* memberikan nilai *p-value* yang lebih kecil 0,05. Dapat dikatakan bahwa penelitian ini memiliki cukup bukti untuk menolak hipotesis nol dari uji *Hausman* yang berarti model FEM lebih baik dari model REM pada tingkat *alpha error* 5 persen.

Tabel 10: Hasil Pengujian Chow dan Hausman

Metode Pengujian	Statistik Uji	<i>p-value</i>
<i>Chow test</i>	3,2696	0,041**
<i>Hausman test</i>	131,04	0,000**

Ket: **signifikan pada *alpha error* 5%

Tabel 11: Hasil Estimasi *Fixed Effect Model*

Variabel Dependen: Indikator Ekonomi				
Variabel Independen	Estimasi	Std. Error	<i>t-stat</i>	<i>p-value</i>
Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia	0,001	0,002	4,895	0,000**
TPAK Pra Lansia	-0,042	0,010	-4,001	0,000**
<i>R</i> ²		0,415		
<i>Adj. R</i> ²		0,393		
(<i>p-value</i>)		38,6389 (0,000)		

Ket: **signifikan pada *alpha error* 5%

Hasil estimasi parameter dengan *Fixed Effect Model* dapat ditunjukkan dengan Tabel 11. Indeks kualitas pekerja pra lansia memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap indikator ekonomi dengan tingkat *alpha error* 5 persen. Sementara itu, TPAK pra lansia memiliki pengaruh negatif yang signifikan terhadap indikator ekonomi dengan tingkat *alpha error* 5 persen.

Tabel 12: Hasil Pengujian Autokorelasi Spasial dengan Indeks Moran

Tahun	Variabel	I	<i>p-value</i>
2021	Indeks Pembangunan Ekonomi	0,184	0,034**
	Indeks Kualitas Pekerja Pra lansia	0,200	0,025**
	TPAK Pra lansia	0,350	0,000**
2022	Indeks Pembangunan Ekonomi	0,200	0,025**
	Indeks Kualitas Pekerja Pra lansia	0,125	0,094*
	TPAK Pra lansia	0,217	0,017**
2023	Indeks Pembangunan Ekonomi	0,202	0,024**
	Indeks Kualitas Pekerja Pra lansia	0,217	0,017**
	TPAK Pra lansia	0,327	0,001**

Ket: **signifikan pada *alpha error* 5%, *signifikan pada *alpha error* 10%

Tabel 12 menunjukkan nilai indeks moran dan *p-value* untuk melakukan pengujian autokorelasi spasial dari data penelitian. Hasilnya menunjukkan bahwa secara umum untuk seluruh variabel, autokorelasi spasial ditemukan dan bernilai positif dari tahun 2021 sampai dengan 2023. Hasil ini memerlukan tindak lanjut yaitu melakukan estimasi spasial panel dengan *fixed effect model*.

Tabel 13: Hasil Pengujian Dependensi Spasial

Metode	Statistik Uji	p-value
<i>Spatial Autoregressive Test</i>	: 1199,9	0,000**
<i>Spatial Error Test</i>	: 51,751	0,000**

Ket: **signifikan pada *alpha error* 5%

Tabel 13 menunjukkan hasil pengujian dependensi spasial dari data penelitian. Baik pada *Spatial Autoregressive Test* maupun pada *Spatial Error Test*, nilai *p-value* menunjukkan nilai yang lebih rendah dari 0,05. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa model spasial panel yang terbentuk bisa berupa model *spatial autoregressive* atau *spatial error* dengan tingkat *alpha error* 5 persen. Tabel 14 menunjukkan perbandingan estimasi dengan *SAR FEM* dan *SEM FEM* berdasarkan nilai-nilai kebaikan model. Nilai *SAR FEM* yaitu 0,423 lebih baik dibandingkan dengan *SEM FEM* dengan 0,420. Selain itu, nilai *AIC* dan *BIC* dari *SAR FEM* juga lebih kecil dibandingkan dengan nilai *SEM FEM*. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa model *SAR FEM* akan lebih tepat untuk digunakan sebagai estimasi parameter.

Tabel 14: Perbandingan model SAR FEM dengan SEM FEM

Metode	Indikator Goodness of Fit	Nilai indikator
SAR FEM	R ²	0,423
	AIC	129,473
	BIC	137,682
SEM FEM	R ²	0,420
	AIC	346,338
	BIC	354,547

Tabel 14 menunjukkan hasil estimasi dengan metode *SAR FEM*. Secara umum, arah hubungan dari variabel independen dan variabel dependen sama seperti pada estimasi dengan *FEM*. Indeks kualitas pekerja pra lansia memiliki hubungan signifikan yang positif dengan indikator ekonomi dengan tingkat *alpha error* 5 persen. Hasil tersebut memperkuat penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [Komp-Leukkunen dkk. \(2022\)](#), [Lee dkk. \(2021\)](#), [Lee & Mason \(2017\)](#) dan [Zlatanović & Jovanović \(2023\)](#) bahwa monitoring dari kualitas pekerja pra lansia dapat meningkatkan produktivitas pekerja sehingga memberikan pengembalian jangka panjang yang positif terhadap perekonomian.

Tabel 15: Hasil Estimasi SAR FEM

Variabel Dependen: Indikator Ekonomi				
Variabel Independen	Estimasi	Std. Error	t-stat	p-value
Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia	0,011	0,002	4,934	0,000**
TPAK Pra Lansia	-0,040	0,010	-3,830	0,000**
δ		0,076		
R ²		0,423		
AIC		129,473		
BIC		137,682		

Ket: **signifikan pada *alpha error* 5%

Pada sisi lain ternyata TPAK pra lansia memiliki hubungan signifikan yang negatif terhadap indikator ekonomi dengan tingkat *alpha error* 5 persen. Hasil ini pada awalnya

tampak kontradiktif dengan pendapat (Munawaroh dkk., 2025) yang menyatakan bahwa partisipasi aktif lansia dalam angkatan kerja dapat mengurangi dampak negatif dari *aging population*. Namun, temuan ini justru memperkuat argument dan fakta lapangan yang menjadi urgensi masalah dari penelitian ini bahwa bukan sekadar partisipasi (kuantitas) yang penting, melainkan kualitas pekerja pra lansia yang lebih menentukan kontribusi ekonomi. Hasil ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh (Liu dkk., 2023; Maestas dkk., 2016; Temsumrit, 2023) bahwa *aging population* dapat menghambat pertumbuhan ekonomi jika tidak ditangani dengan tepat, khususnya jika hanya fokus pada tingkat partisipasi tanpa memperhatikan aspek kualitas pekerja pra lansia.

Nilai δ yang positif menunjukkan arah dari autokolerasi spasial yang dalam hal ini adalah spasial lag. Hal tersebut menunjukkan bahwa wilayah dengan indikator ekonomi tinggi cenderung dikelilingi oleh wilayah dengan indikator ekonomi tinggi pula, dan sebaliknya. Hasil ini memperkuat analisis spasial yang terlihat pada Gambar 4 dan 7, di mana pola spasial menunjukkan gradasi nilai yang semakin menurun ke arah timur (wilayah Tapal Kuda) dan ke utara (Pulau Madura). Temuan ini juga sejalan dengan hasil penelitian (Cui dkk., 2024; Malikova, 2020) yang menemukan bahwa wilayah dengan indeks kualitas pekerja pra lansia yang lebih tinggi berbanding lurus dengan potensi peningkatan indikator perekonomian regional.

Hasil penelitian di atas menegaskan relevansi dan pentingnya pengembangan indeks kualitas pekerja pra lansia dalam konteks kebijakan demografis regional. Indeks ini menjadi instrumen efektif untuk mengukur dan mengevaluasi potensi *silver economy* di Jawa Timur. Penggunaan pendekatan *nighttime light* yang direpresentasikan dalam indikator ekonomi pada model empiris terbukti dapat menangkap dinamika spasial perekonomian Jawa Timur dengan baik, yang ditunjukkan oleh nilai R^2 model SAR FEM sebesar 0,423. Pendekatan ini berhasil mengonfirmasi adanya ketimpangan spasial dalam perekonomian yang terkait dengan kualitas pekerja pra lansia. Pengaruh negatif dari TPAK Pra Lansia dan positif dari Indeks Kualitas Pekerja Pra Lansia menunjukkan bahwa kebijakan harus lebih memprioritaskan peningkatan kualitas pekerja pra lansia daripada sekadar mendorong partisipasi kerja.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Penelitian ini mengungkapkan dinamika kualitas pekerja pra lansia dan pengaruhnya terhadap perekonomian di Jawa Timur sebagai refleksi potensi *silver economy*. Hasil analisis faktor menunjukkan pergeseran determinan kualitas dari kondisi kerja menjadi kapasitas digital, pendidikan, dan pelatihan, dengan kesehatan tetap sebagai faktor konsisten. Perubahan ini mengindikasikan bahwa adaptasi digital dan peningkatan kapasitas pendidikan serta pelatihan merupakan kunci utama dalam mengoptimalkan produktivitas pekerja pra lansia, yang menjadi fondasi bagi pengembangan *silver economy*. Indeks kualitas pekerja pra lansia yang dikembangkan memperlihatkan kesenjangan signifikan antara wilayah perkotaan dan perdesaan, di mana kota-kota besar dan kawasan industri seperti Surabaya, Sidoarjo, dan Malang memiliki nilai indeks tinggi, sementara kabupaten termasuk wilayah Tapal Kuda dan Pulau Madura berada pada peringkat rendah. Kesenjangan ini menunjukkan perbedaan kesiapan wilayah dalam menghadapi peluang *silver economy*. Wilayah perkotaan dan kawasan industri memiliki potensi lebih besar untuk mengembangkan ekosistem *silver economy* berbasis pengalaman dan keahlian penduduk pra lansia.

Hasil analisis *cluster* mengidentifikasi 2 kelompok wilayah dengan karakteristik berbeda: *Cluster 1* (27-28 kabupaten) dengan potensi *silver economy* terbatas, dan *Cluster 2* (8-9 kota

serta Kabupaten Sidoarjo dan Gresik) dengan potensi *silver economy* yang lebih menjanjikan berbasis pengalaman dan keahlian penduduk pra lansia. Model spasial panel membuktikan bahwa indeks kualitas pekerja pra lansia berpengaruh positif terhadap indikator ekonomi, sementara tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK) pra lansia justru berpengaruh negatif. Temuan ini menekankan bahwa pengembangan *silver economy* yang berkelanjutan harus berfokus pada peningkatan kualitas pekerja pra lansia, bukan sekadar mendorong partisipasi kerja tanpa memperhatikan produktivitas. Pola autokorelasi spasial positif mengindikasikan bahwa wilayah dengan ekonomi kuat cenderung berdekatan secara geografis, menekankan pentingnya pendekatan kawasan dalam pengembangan *silver economy*.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada periode waktu 2021 sampai 2023. Hasil temuan mungkin mengalami perubahan pada tahun-tahun mendatang. Selain itu, penelitian ini mengupas potensi *silver economy* pada aspek permintaan dan belum melakukan eksplorasi pada aspek penawaran karena terbatasnya data yang tersedia. Mengingat penelitian ini bersifat kontekstual pada wilayah Jawa Timur dengan karakteristik demografis dan ekonomi tertentu, hasil penelitian mungkin tidak sepenuhnya sejalan dengan wilayah lain tanpa penyesuaian lebih lanjut. Keterkaitan dengan pola konsumsi dari lansia juga belum dieksplorasi sebagai hasil dari kualitas pekerja pra lansia yang tinggi.

Saran

Pengembangan *silver economy* di Jawa Timur memerlukan pendekatan komprehensif yang tidak hanya berfokus pada peningkatan partisipasi kerja kelompok pra lansia, tetapi terutama pada peningkatan kualitas pekerja pra lansia. Ketimpangan kualitas pekerja pra lansia antara wilayah perkotaan dan perdesaan, khususnya di wilayah Tapal Kuda dan Madura, memerlukan intervensi kebijakan yang berbeda sesuai karakteristik wilayah. Pembentukan faktor kualitas yang terkonsolidasi dari kapasitas produktif (pendidikan, pelatihan, dan digital) serta kondisi kesehatan menunjukkan bahwa kebijakan harus diarahkan pada:

1. Peningkatan literasi digital dan akses teknologi bagi pekerja pra lansia, terutama di wilayah dengan indeks kualitas rendah
2. Pengembangan sistem pendidikan dan pelatihan berkelanjutan yang disesuaikan dengan kebutuhan pasar kerja
3. Penguatan program kesehatan preventif dan perlindungan kesehatan sebagai faktor independen penentu kualitas
4. Formalisasi status pekerjaan untuk meningkatkan akses terhadap jaminan sosial
5. Pengembangan industri pendukung *silver economy* sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi di wilayah dengan konsentrasi pekerja pra lansia berkualitas tinggi

Penelitian mendatang disarankan untuk memperluas cakupan wilayah dan juga periode waktu penelitian agar dapat melihat perbandingan dan pola spasial kualitas pekerja pra lansia yang lebih menyeluruh. Penelitian mendatang juga disarankan untuk mempertimbangkan aspek penawaran untuk melihat potensi *silver economy*. Terakhir, penelitian mendatang disarankan untuk menganalisis pola hubungan dua arah dari kualitas pekerja pra lansia dan perkembangan ekonomi.

Rekomendasi

Penelitian ini memberikan rekomendasi bagi Pemerintah Provinsi Jawa Timur untuk memperkuat kapasitas digital dan pendidikan pekerja pra lansia, khususnya di wilayah dengan indeks rendah, melalui implementasi program Digital Pra Lansia yang berfokus pada literasi

penggunaan gadget, internet, dan aplikasi produktif kerja. Selain itu, perlu dikembangkan program Belajar Tiada Henti berupa kursus singkat dan sertifikasi keahlian yang relevan dengan kebutuhan sektor informal, serta program Skill-Up Pra Lansia yang berbasis permintaan pasar kerja. Pelaksanaan program ini perlu melibatkan Dinas Komunikasi dan Informatika, Dinas Pendidikan, dan Dinas Tenaga Kerja dengan dukungan perguruan tinggi, lembaga pelatihan kerja, BLK, serta asosiasi pengusaha untuk memastikan peningkatan kompetensi yang adaptif terhadap perubahan pasar kerja.

Rekomendasi selanjutnya yaitu pemerintah perlu memperkuat intervensi di bidang kesehatan dan jaminan sosial guna menjaga produktivitas pekerja pra lansia, terutama pada sektor dengan risiko kesehatan tinggi. Program Sehat Produktif perlu dioptimalkan melalui pemeriksaan kesehatan berkala dan edukasi kesehatan kerja yang terintegrasi dengan layanan BPJS Kesehatan, rumah sakit, dan puskesmas. Di sisi lain, perluasan kepesertaan BPJS Ketenagakerjaan dan BPJS Kesehatan bagi pekerja sektor informal harus menjadi prioritas, dengan dukungan pemerintah daerah dan dinas sosial, agar tercipta sistem perlindungan sosial yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Di sisi lain, pemerintah disarankan untuk mendorong pengembangan *silver economy* dan perluasan peluang kerja di wilayah dengan potensi ekonomi lebih tinggi. Hal ini dapat dilakukan melalui pengembangan kluster industri pendukung lansia, pemberian insentif bagi penyedia layanan khusus lansia, serta penguatan pasar produk dan jasa yang menasar konsumen pra lansia dan lansia. Selain itu, pengembangan *Senior Job Fair* dan platform kerja paruh waktu perlu diakselerasi untuk meningkatkan partisipasi tenaga kerja pra lansia, dengan melibatkan Dinas Tenaga Kerja, sektor swasta, *startup*, dan investor guna menciptakan ekosistem ketenagakerjaan yang inklusif dan berkelanjutan.

Pernyataan

Kontribusi Penulis

Kontribusi masing-masing penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: FRD berperan dalam konseptualisasi penulisan, perancangan metodologi pengukuran indeks, analisis data, dan finalisasi draf. AR berkontribusi dalam pengumpulan data, perancangan metodologi pengukuran kinerja ekonomi, analisis data dan pemodelan, serta finalisasi draf. Masing-masing penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir dari penelitian ini.

Sumber Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga publik, komersial, maupun organisasi nirlaba. Seluruh kegiatan penelitian didanai secara mandiri oleh penulis.

Pernyataan Persetujuan

Penelitian ini tidak melibatkan subjek manusia secara langsung maupun individu yang bersifat sensitif. Sehingga bagian ini tidak relevan.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini baik secara finansial dan non-finansial.

Ketersediaan Data dan Materi

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari sumber resmi dan dapat diakses secara publik. Data dan materi pendukung lainnya tersedia dari penulis apabila diperlukan untuk keperluan verifikasi atau replikasi penelitian.

Penggunaan Kecerdasan Buatan (AI)

Penulis menyatakan bahwa dalam penyusunan artikel ini telah menggunakan bantuan AI berupa ChatGPT untuk bantuan teknis pemeriksaan tata bahasa dan penyempurnaan struktur penulisan. Seluruh hasil, analisis, dan kesimpulan tetap menjadi tanggung jawab penulis dan merupakan hasil pemikiran penulis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan penelitian ini, khususnya kepada Badan Pusat Statistik sebagai instansi afiliasi dan penyedia data, Bank Indonesia KPw Jawa Timur, serta rekan-rekan yang telah memberikan masukan dan saran yang konstruktif.

Daftar Pustaka

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation. *American Economic Review*, 107(5), 174–179. <https://doi.org/10.1257/aer.p20171101>
- Afrianto, F., & Graha, R. T. D. (2023). Morfologi Kota Malang: Sebuah Tinjauan dari Nighttime Light Satellite Imagery. *Jurnal Plano Buana*, 3(2), 68–76.
- Banawi, A., Rumasoreng, M. I., Hasanah, N., Rahawarin, D. A., & Basta, I. (2024). The Relationship between Problem-Solving Skills and Student Academic Achievement: A Meta-Analysis in Education. *Journal of Ecohumanism*, 3(3), 1287–1299. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i3.3413>
- Bayramova, G. (2024). Fostering Innovation Ecosystems: The Role of Knowledge Economy in Regional Development. *Nakhchivan State University Scientific Works*, 1(127), 85-92 <https://doi.org/10.69760/pjz5q308>
- Bloom, D. E., Canning, D., & Fink, G. (2010). Implications of population ageing for economic growth. *Oxford Review of Economic Policy*, 26(4), 583–612. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grq038>
- Bloom, D. Canning, D., & Fink, G. (2011). *Implications of Population Aging for Economic Growth* (NBER Working Paper Series). <https://doi.org/10.3386/w16705>
- BPS. (2021). *Profil Penduduk Lanjut Usia Provinsi Jawa Timur 2021*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
- BPS. (2023). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2020-2050*. <https://webapi.bps.go.id/>
- BPS. (2024). *Keadaan Angkatan Kerja di Indonesia Agustus 2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Cizelj, B. (2023). Silver economy – a reply to challenges of population aging. *Journal of Innovative Business and Management*, 14(2), 1–5. <https://doi.org/10.32015/JIBM.2022.14.2.10>
- Crossdale, R., & Penning, N. (2024). The Role of Health in Retirement Planning Towards Extended Working Lives. *Innovation in Aging*, 8(Supplement_1), 1219–1219. <https://doi.org/10.1093/geroni/igae098.3903>
- Cui, Y., Tian, H., An, D., & Jia, Y. (2024). Quality of life and regional economic development: Evidence from China. *PLOS ONE*, 19(5), e0298389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298389>
- Dewantoro, F. R. (2023). Pengelompokan Kabupaten/Kota di Jawa Timur Berdasarkan Kajian Karakteristik Petani Tahun 2022. *Journal of Agribusiness and Community Empowerment*

- (JACE), 6(2), 63–74. <https://doi.org/10.32530/jace.v6i2.670>
- Dewantoro, F. R. (2025). Assessment and Mitigation of Risk of Agricultural Sector Unsustainability in East Java Province: Based on Vulnerability Aspects of Internal Characteristics of Workers. *East Java Economic Journal*, 9(1), 82–113. <https://doi.org/10.53572/ejavec.v9i1.151>
- Diputra, T. F., Sadik, K., & Angraini, Y. (2012). Pemodelan Data Panel Spasial dengan Dimensi Ruang dan Waktu. *Indonesian Journal of Statistics*, 17(1), 6–14.
- Dyussenbayev, A. (2017). Age Periods Of Human Life. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 4(6), 258–263. <https://doi.org/10.1056/nejm184007290222504>
- Elhorst, J. P. (2014). *Spatial Econometrics From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Springer.
- Griva, A., Mitroulia, M., & Armakolas, S. (2024). Strategic Management of The Silver Economy: A European Perspective. *European Journal of Management and Marketing Studies*, 9(1), 1-17. <https://doi.org/10.46827/ejmms.v9i1.1693>
- Guo, Y., Liu, M., Wang, J., Xia, Y., & Zhao, D. (2023). Demographic Challenge: The Rise of the Silver Economy in China. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 34(1), 120–125. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/34/20231688>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis (8th ed.)*. Cengage.
- Harding, J. A., Shahbaz, M., & Kusiak, A. (2006). Data Mining in Manufacturing : A Review. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 128(November), 969–976. <https://doi.org/10.1115/1.2194554>
- Hendarto, T. (2019). The disparity of Economic Development and Social in Coastal Area of East Java. *Proceedings of the Proceedings of the 1st Asian Conference on Humanities, Industry, and Technology for Society, ACHITS 2019, 30-31 July 2019, Surabaya, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.30-7-2019.2287613>
- Heryanah, H., & Kadir, K. (2023). Causes of Differences in Aging Period Between Provinces in Indonesia: Analysis Using Panel Data and Logistic Regressions. *Jurnal Biometrika Dan Kependudukan*, 12(1), 100–111. <https://doi.org/10.20473/jbk.v12i1.2023.100-111>
- Heryani, R., Iriansyah, & Ardiansyah. (2023). Tanggung Jawab Pemerintah Terhadap Pelayanan Kesehatan Bagi Warga Lanjut Usia Dalam Hukum Positif Indonesia. *Collegium Studiosum Journal*, 6(2), 642–656. <https://doi.org/10.56301/csj.v6i2.1148>
- Ida Bagus, W., Mayastuti, M., & Kristyono, J. (2022). Trends, Problems, and Policies of The Elderly Population in East Java Indonesia. *Technium Social Sciences Journal*, 37, 448–460. <https://doi.org/10.47577/tssj.v37i1.7726>
- Idrus, M. I., Idrus, M. I., & Ismail, M. (2024). Pengaruh Motivasi Kerja, Pengalaman Kerja Dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan. *Ganaya : Jurnal Ilmu Sosial Dan Humaniora*, 7(2), 76–82. <https://doi.org/10.37329/ganaya.v7i2.3196>
- Jatnika, H., Huda, M., Amelia, R. R., Manuhutu, M. A., Windarto, A. P., Sumantrie, P., & Waluyo, A. (2021). Analysis of Data Mining in the Group of Water Pollution Areas using the K-Means Method in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1783(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012014>
- Jayawardhana, T., Anuththara, S., Nimnadi, T., Karadanaarachchi, R., Jayathilaka, R., & Galappaththi, K. (2023). Asian ageing: The relationship between the elderly population and economic growth in the Asian context. *PLOS ONE*, 18(4), e0284895. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284895>

org/10.1371/journal.pone.0284895

- Jiang, C., & Zheng, Y. (2023). Lifelong Education Under the Background of Population Aging: Taking Hubei Qianjiang as an Example. *In China's Road and Aging Population* (pp. 273–284). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8891-2_18
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2005). Multivariate Analysis. *In Encyclopedia of Statistical Sciences*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/0471667196.ess6094>
- Kamal, F. Y., Sari, M. I., Utami, M. F. G. U., & Kartiasih, F. (2024). Penggunaan Remote Sensing dan Google Tren untuk Estimasi Produk Domestik Bruto Indonesia. *Equilibrium: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Ekonomi*, 21(02), 37–59.
- Khalid, S., & Arshad, A. (2024). Age Well, Work Well: Relationship of Healthy Aging with Career Commitment and Bridge Employment Intentions among Pre-Retirees. *Journal of Professional & Applied Psychology*, 5(3), 434–443. <https://doi.org/10.52053/jpap.v5i3.307>
- Komp-Leukkunen, Poli, A., Hellevik, T., Herlofson, K., Heuer, A., & Norum, R. (2022). Older Workers in Digitalizing Workplaces: A Systematic Literature Review Kathrin. *The Journal of Aging and Social Change*, 12(2), 37–59. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2022.121917>
- Kraus, S., McDowell, W., Ribeiro-Soriano, D. E., & Rodríguez-García, M. (2021). The role of innovation and knowledge for entrepreneurship and regional development. *Entrepreneurship & Regional Development*, 33(3–4), 175–184. <https://doi.org/10.1080/22797254.2021.1872929>
- Lee, J.-W., Kwak, D. W., & Song, E. (2021). . Can Older Workers Stay Productive? The Role of ICT Skills and Training (NBER Working Paper Series). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3761501>
- Lee, R., & Mason, A. (2017). *Cost of Aging*. Finance & Development. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2017/03/lee.htm>
- Liu, Y., Chen, L., Lv, L., & Failler, P. (2023). The impact of population aging on economic growth: a case study on China. *AIMS Mathematics*, 8(5), 10468–10485. <https://doi.org/10.3934/math.2023531>
- Lobo, C. S. S., & Falleiro, S. da P. (2024). The implications of population ageing on economic growth: Evidence of nonlinearity. *Asian Economic and Financial Review*, 14(6), 410–423. <https://doi.org/10.55493/5002.v14i6.5076>
- Lövdén, M., Fratiglioni, L., Glymour, M. M., Lindenberger, U., & Tucker-Drob, E. M. (2020). Education and Cognitive Functioning Across the Life Span. *Psychological Science in the Public Interest*, 21(1), 6–41. <https://doi.org/10.1177/1529100620920576>
- Maestas, N., Mullen, K., & Powell, D. (2016). *The Effect of Population Aging on Economic Growth, the Labor Force and Productivity* (NBER Working Paper Series). <https://doi.org/10.3386/w22452>
- Malikova, V. V. (2020). Human Capital of Pre-Retirement Age Employees as Economic Development Factor of The Region. *Economics Profession Business*, 1(1), 84–88. <https://doi.org/10.14258/epb201963>
- Maori, N. A., & Evanita. (2023). Metode Elbow dalam Optimasi Jumlah Cluster Pada K-Means Clustering. *Jurnal SIMETRIS*, 14(2), 277–287.
- Munawaroh, T., Sukamdi, Rofi, A., & Listyaningsih, U. (2025). The macroeconomic impact of

- population aging in Indonesia: Do older adults matter? *Asian Economic and Financial Review*, 15(3), 383–403. <https://doi.org/10.55493/5002.v15i3.5345>
- Nakashima, A., Fujii, H., Suda, T., Mizushima, I., Kawano, M., & Nomura, H. (2022). AB0268 Survey of Elderly Rheumatoid Arthritis (RA) Patients: Real-World Data of Pre-Old (65 to 74 Years) and Old (≥ 75 Years) RA Patients. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 81, 1261. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2022-eular.2221>
- Ntseane, D., & Solo, K. (2023). Social Protection for Workers in the Informal Sector. *Beijing Law Review*, 14(02), 546–555. <https://doi.org/10.4236/blr.2023.142028>
- Nurhakim, F., & Lestari, S. (2023). Effect of the Use of Information Technology on Employee Work Efficiency. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11951–11955. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.5753>
- OECD. (2019). *Working Better with Age*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c4d4f66a-en>
- Olafsen, A. H., Jauvin, F., Cécire, P., & Forest, J. (2024). Money talks? The motivational mechanisms of base pay on well-being and work performance. *Scandinavian Journal of Psychology*, 65(6), 1027–1038. <https://doi.org/10.1111/sjop.13033>
- Park, D., & Shin, K. (2023). *Population Aging, Silver Dividend, and Economic Growth* (Asian Development Bank Economics Working Paper Series No. 678). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4381806>
- Rahim, A., & Saputra, H. (2018). Exploratory Factor Analysis (EFA) Pada Penyerapan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) Tahun 2017 di Provinsi Sumatera Barat. *Indonesian Treasury Review Jurnal Perbendaharaan Keuangan Negara Dan Kebijakan Publik*, 3(3), 236–254. <https://doi.org/10.33105/itrev.v3i3.72>
- Rahmawati, D., & Bimanto, H. (2021). Perbandingan Spatial Autoregressive Model dan Spatial Error Model dalam Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, 5(1), 41–50. <https://doi.org/10.21009/JSA.05104>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Salvati, L., & Carlucci, M. (2014). A composite index of sustainable development at the local scale: Italy as a case study. *Ecological Indicators*, 43(Agustus), 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.021>
- Samuels, E., Samuels, E., Champagne, E., Ianni, P., Kalpakjian, C. Z., & Murphy, S. L. (2023). 116 The long-term impact of a practice-oriented research training program for clinical and translational research staff and clinicians: Evaluating workforce development outcomes over time and professional careers. *Journal of Clinical and Translational Science*, 7(s1), 34–34. <https://doi.org/10.1017/cts.2023.199>
- Santoso, K. N., & Rakhmawan, S. A. (2021). Indeks Komposit Pekerjaan Layak di Indonesia Pada Era Pandemi COVID-19. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2021(1), 214–222. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2021i1.840>
- Santoso, S. (2017). *Statistik Multivariat dengan SPSS*. PT Elex Media Komputindo.
- Seyi Olalekan, O., Oluwaseun, Ogunleke, A., Jeremiah, Ijila, O., Dolapo, Olawuyi, T., Ayodele, A. R., & Ajibola, Ayinla, R. (2022). Vulnerability to Livelihood-shocks Among Agrarian Households in Oyo State, Nigeria. *Ecology, Environment and Conservation*, 28(04), 1697–

1709. <https://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i04.004>

- Siregar, S. I. (2024). Utilizing Night-Time Light and Hierarchical Bayesian Small Area Model for Consumption Expenditure Estimation. *CITIZEN: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 4(1), 61–71. <https://doi.org/10.53866/jimi.v4i1.534>
- Sun, B. (2024). The Economic Growth and the Elderly. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 106(1), 17–23. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/106/20241409>
- Temsumrit, N. (2023). Can aging population affect economic growth through the channel of government spending? *Heliyon*, 9(9), e19521. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19521>
- West, S., & Castro, A. (2023). Impact of Guaranteed Income on Health, Finances, and Agency: Findings from the Stockton Randomized Controlled Trial. *Journal of Urban Health*, 100(2), 227–244. <https://doi.org/10.1007/s11524-023-00723-0>
- WHO. (2015). *World Report On Ageing And Health*. World Health Organization.
- Widana, I. W., & Muliani, P. L. (2020). *Uji Persyaratan Analisis* (T. Fiktorius, Ed.). Klik Media.
- Wu, X., Kumar, V., Ross Quinlan, J., Ghosh, J., Yang, Q., Motoda, H., McLachlan, G. J., Ng, A., Liu, B., Yu, P. S., Zhou, Z.-H., Steinbach, M., Hand, D. J., & Steinberg, D. (2008). Top 10 algorithms in data mining. *Knowledge and Information Systems*, 14(1), 1–37. <https://doi.org/10.1007/s10115-007-0114-2>
- Yamin, S., & Kurniawan, H. (2011). *SPSS Complete: Teknik Analisis Statistik Terlengkap dengan Software SPSS*. Salemba Infotek.
- Zlatanović, S. S., & Jovanović, P. (2023). Workforce aging and decent work in the era of the digital economy - towards a holistic public policy approach. *Stanovnistvo*, 61(1), 53–68. <https://doi.org/10.2298/STNV230220001S>