



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 2 (2025) pp: 5067-5074

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Titik Balik Partisipasi Kerja Lansia: Studi Regresi Data AS 1880–2024

Yogi Astriana, Daniel Nuralamsyah, Angga Putra Al-Farrezs, Khairul Akmal, Mely Gusti Mawarni, Zurnan Alfian

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan

yogiastriyana123@gmail.com, danielnuralamsyah555@gmail.com, anggaputraalfarrezs@gmail.com,

khairulakmal0905@gmail.com, melygustimawarni@gmail.com, dosen02678@unpam.ac.id

Abstrak

Terinspirasi oleh prinsip dalam buku “The Psychology of Money” tentang pemahaman tren jangka panjang, penelitian ini menyajikan analisis data untuk menyelidiki pola historis partisipasi tenaga kerja pria usia 65 tahun ke atas. Masalah utama yang diteliti adalah kompleksitas tren jangka panjang ini, yang tidak dapat direpresentasikan secara akurat oleh model linear sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model prediksi terbaik dengan membandingkan tiga pendekatan regresi yang berbeda. Metode yang digunakan adalah implementasi dan evaluasi model Regresi Linear, Regresi Polinomial Derajat 2, dan Regresi Polinomial Derajat 3 terhadap data historis dari St. Louis Federal Reserve (FRED) dari tahun 1880 hingga 2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa model Regresi Linear gagal menangkap dinamika krusial, sementara model Polinomial Derajat 3 menunjukkan tanda-tanda overfitting dengan proyeksi masa depan yang tidak realistis. Model Polinomial Derajat 2 terbukti menjadi model yang paling superior dan seimbang. Wawasan utama yang dihasilkan adalah identifikasi adanya titik balik (turning point) yang signifikan sekitar dekade 1990-an, di mana tren penurunan partisipasi kerja selama lebih dari satu abad secara definitif berbalik arah menjadi tren meningkat. Kesimpulannya, analisis ini menegaskan pentingnya pemilihan model yang tepat untuk mengungkap narasi data yang sebenarnya.

Kata kunci: Partisipasi Tenaga Kerja, Tren Pensiun, Regresi Polinomial, Analisis Deret Waktu, Titik Balik, Pemodelan Prediktif.

1. Latar Belakang

Fenomena penuaan populasi (aging population) telah menjadi salah satu isu sentral yang dihadapi oleh berbagai negara di seluruh dunia. Transisi demografis ini membawa implikasi yang mendalam pada berbagai aspek sosial dan ekonomi, mulai dari keberlanjutan sistem jaminan sosial dan pensiun, permintaan layanan kesehatan, hingga dinamika pasar tenaga kerja. Salah satu narasi yang paling dominan selama abad ke-20 adalah tren peningkatan kesejahteraan yang memungkinkan pekerja untuk pensiun lebih awal. Narasi ini membentuk persepsi publik dan kebijakan pemerintah selama beberapa dekade. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, muncul berbagai anomali dan data yang mengindikasikan bahwa tren ini mungkin tidak lagi berjalan lurus, menciptakan ketidakpastian mengenai arah partisipasi kerja di kalangan usia lanjut. Masalah utama yang diteliti adalah bahwa analisis sederhana menggunakan pendekatan linear berisiko menghasilkan kesimpulan yang usang dan tidak akurat, sehingga gagal menangkap kompleksitas dan potensi titik balik (turning point) yang mungkin telah terjadi. Solusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah menyajikan sebuah analisis perbandingan model yang lebih canggih namun tetap interpretable (dapat ditafsirkan). Dengan membandingkan model Regresi Linear dengan model Regresi Polinomial, penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi secara empiris apakah telah terjadi sebuah titik balik tren, serta mengkarakterisasi bentuk dari perubahan tren tersebut.

Untuk memahami posisi penelitian ini dalam lanskap ilmiah saat ini (state of the art), penting untuk meninjau beberapa penelitian terkait yang telah dilakukan. Penelitian terkini oleh (Pallotti et al., n.d.) secara mendalam menganalisis dampak kesejahteraan dari lonjakan inflasi pada periode 2021-2023 terhadap rumah tangga di empat negara besar Euro Area. Temuan utamanya adalah bahwa guncangan inflasi ini berfungsi seperti sebuah “pajak berdasarkan usia” (age-dependent tax), di mana kelompok pensiunan (usia 65+) mengalami kerugian terbesar. Studi ini mengidentifikasi bahwa pendorong utama dari perbedaan ini adalah “posisi aset nominal bersih” (net nominal positions), karena pensiunan memegang lebih banyak aset nominal yang nilainya tergerus inflasi. Namun, penelitian ini adalah sebuah event study yang fokus menganalisis guncangan ekonomi jangka pendek dan spesifik di Eropa. Ini berbeda dengan penelitian ini yang bertujuan untuk menganalisis tren struktural jangka sangat panjang (lebih dari satu abad) di Amerika Serikat untuk mengidentifikasi sebuah titik balik historis.

Dalam konteks yang berbeda, penelitian oleh (Virtanen et al., 2022) di Swedia menawarkan perspektif dari sisi pengalaman kerja individu. Mereka meneliti bagaimana kendali atas waktu kerja (work time control) dari usia paruh baya hingga masa pensiun mempengaruhi keputusan untuk terus bekerja melewati usia pensiun. Menggunakan analisis pada data survei longitudinal, mereka menemukan bahwa otonomi dalam pekerjaan adalah prediktor kuat bagi lansia untuk tetap bekerja. Penelitian ini memberikan pemahaman mikro tentang kualitas pekerjaan sebagai faktor pendorong. Hal ini berbeda dengan penelitian ini yang melakukan analisis pada level makro untuk mengukur tingkat partisipasi itu sendiri secara agregat, tanpa melihat kualitas atau jenis pekerjaan individu. Perbedaan geografis (Swedia vs. AS) juga memberikan kontras konteks yang menarik.

Di tingkat lokal Indonesia, penelitian oleh (Kadek et al., n.d.) meneliti faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi kerja penduduk lanjut usia di Kecamatan Tabanan, Bali, menggunakan data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) 2020. Dengan menggunakan metode Regresi Logistik, mereka menemukan bahwa variabel seperti umur, tingkat pendidikan, dan status perkawinan secara signifikan mempengaruhi keputusan lansia untuk tetap bekerja. Meskipun topiknya sangat relevan, penelitian ini berskala mikro dan sangat lokal, dengan fokus pada faktor-faktor demografis penyebab pada satu titik waktu (cross-sectional). Ini berbeda dengan penelitian ini yang berskala makro dan nasional (Amerika Serikat) dengan analisis trend deret waktu (time-series) yang panjang untuk memahami bentuk perubahan tren, bukan pendorong demografis individunya.

Masih dalam konteks Indonesia, penelitian oleh (Ayuningtyas & Sari Islami, n.d.) menganalisis pengaruh perkembangan jumlah penduduk terhadap Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) secara umum dari tahun 2011 hingga 2020. Mereka menggunakan metode Regresi Linear Sederhana untuk menunjukkan adanya hubungan antara kedua variabel tersebut. Penelitian ini menjadi pembandingan yang penting karena dua alasan. Pertama, fokusnya adalah pada TPAK agregat (semua usia) dan pengaruh dari variabel demografi spesifik (jumlah penduduk), sementara penelitian ini fokus pada segmen spesifik (pria 65+) dan tren intrinsiknya berdasarkan waktu. Kedua, penelitian tersebut hanya mengandalkan Regresi Linear, di mana penelitian ini justru berargumen bahwa model linear tidak cukup dan melangkah lebih jauh dengan menguji model non-linear (Polinomial) untuk menangkap pola yang lebih kompleks.

Dari sisi metodologi, penelitian oleh (Primaastuti Ananda et al., 2025) menerapkan pendekatan yang berbeda untuk menganalisis data angkatan kerja. Mereka menggunakan algoritma unsupervised learning, yaitu K-Means Clustering, untuk mengelompokkan angkatan kerja di Indonesia berdasarkan variabel demografi dan pendapatan dari data Sakernas 2021. Tujuan utama mereka adalah melakukan segmentasi pasar kerja untuk mengidentifikasi karakteristik dari setiap kluster yang terbentuk. Pendekatan ini secara fundamental berbeda dengan penelitian ini. Jika penelitian tersebut bertujuan untuk mengelompokkan data pada satu titik waktu, maka penelitian ini menggunakan pendekatan supervised learning (Regresi) untuk memodelkan hubungan antar variabel sepanjang waktu dan melakukan prediksi tren.

Dari tinjauan literatur di atas, terlihat adanya sebuah celah (GAP) penelitian yang jelas. Sebagian besar penelitian terkini cenderung berfokus pada faktor-faktor pendorong jangka pendek (inflasi), analisis demografis pada satu titik waktu (baik di level mikro maupun makro), atau pengalaman kualitatif individu. Belum banyak penelitian yang secara eksplisit melakukan analisis perbandingan model regresi yang sederhana dan interpretable untuk memvalidasi dan mengkarakterisasi titik balik historis pada data deret waktu yang sangat panjang (lebih dari satu abad) dalam satu konteks negara maju seperti Amerika Serikat.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan analisis perbandingan antara model Regresi Linear, Regresi Polinomial Derajat 2, dan Regresi Polinomial Derajat 3. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah: (1) Mengimplementasikan ketiga model untuk memodelkan tren historis partisipasi tenaga kerja pria usia 65 tahun ke atas di Amerika Serikat; (2) Mengevaluasi secara visual dan kualitatif model mana yang paling akurat dalam merepresentasikan pola data; dan (3) Mengidentifikasi serta mengkarakterisasi secara visual adanya turning point yang menandakan perubahan fundamental dalam tren pensiun. Harapan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah tidak hanya memberikan kontribusi metodologis dalam analisis deret waktu, tetapi juga menyajikan sebuah narasi baru yang didukung oleh data mengenai bagaimana tren pensiun telah berevolusi. Wawasan ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembuat kebijakan, perencana keuangan, dan masyarakat umum dalam memahami dinamika angkatan kerja yang terus berubah di era modern.

2. Metode Penelitian

Studi ini pada dasarnya didasarkan pada pendekatan kuantitatif untuk implementasi metode analisis komputer. Pendekatan ini dipilih sebagai kerangka utama karena kemampuan untuk mengidentifikasi, mengukur dan menganalisis model dan hubungan antara objektif, sistematis dan dapat disalin, sesuai dengan aturan penelitian ilmiah kontemporer (Rusydi A.Siroj et al., n.d.). Analisis data dari deret waktu adalah tujuan utama, teknik yang sangat cocok untuk memodelkan dinamika perubahan fenomena sosial -ekonomi untuk waktu yang lama. Tujuan spesifik dari metode yang dirancang dengan cermat ini adalah untuk melakukan analisis komparatif dalam tiga model regresi. Analisis komparatif ini sangat penting untuk mengevaluasi dan menentukan model mana yang paling representatif, konsep akurat dan logika untuk menjelaskan fenomena titik balik. Dalam konteks penelitian ini, fenomena penting adalah masa ketika tren historis partisipasi pekerja pria lanjut usia mengalami perubahan arah yang signifikan.

2.1. Tahapan Penelitian

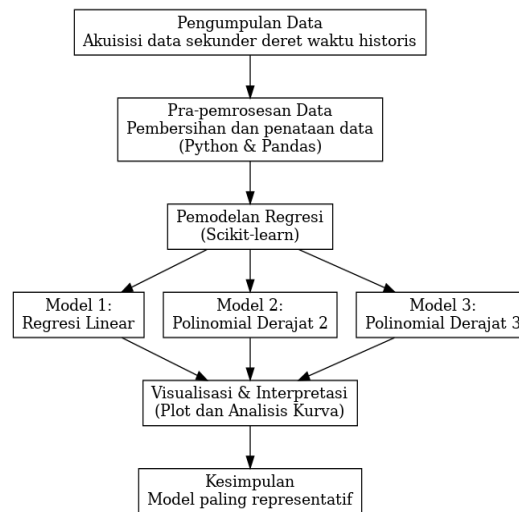
Objek inti dari penelitian ini adalah data sekunder kuantitatif berjenis deret waktu. Penggunaan data sekunder menjadi pilihan strategis karena efisiensinya serta kemampuannya menyediakan cakupan temporal yang sangat luas. Dataset yang dianalisis mencakup rentang periode historis dari tahun 1880 hingga 2024. Untuk menegakkan prinsip validitas dan reliabilitas yang menjadi fondasi dari seluruh bangunan analisis, proses akuisisi data dilakukan dengan mengakses data publik yang disediakan oleh U.S. Bureau of Labor Statistics, yang diperoleh melalui basis data Federal Reserve Economic Data (FRED) dari Federal Reserve Bank of St. Louis (Pannadhitthana Candra, 2025). Dataset ini tersusun atas 2 variabel primer yang sebagai penekanan analisis: variabel independen (X) yang merepresentasikan tahun pengamatan, dan variabel dependen (Y) yang mengukur persentase partisipasi angkatan kerja buat laki-laki menggunakan usia 65 tahun ke atas.

2.2. Tahapan Analisis

Proses analisis dalam penelitian ini dirancang melalui serangkaian langkah logis dan berurutan. Langkah pertama adalah data perawatan sebelumnya, diakui sebagai tahap dasar dalam setiap karya ilmu data modern (Siti hidayatul Khoirun Nisa' & Rusdianto, 2024). Pada tahap ini, data mentah akan diunduh dalam lingkungan analitik, diikuti oleh proses pembersihan untuk mengelola potensial ketidaknormalan dan menyelesaikannya dengan menyediakan data dalam format yang dikumpulkan oleh Pandas Library. Langkah kedua adalah model statistik, di mana tiga model regresi berbeda digunakan untuk memahami berbagai jenis tren. Langkah ketiga adalah visualisasi dan penjelasan. Pada tahap penting ini, output dari masing -masing model akan ditarik oleh grafik dengan data asli untuk analisis kualitatif, yang memungkinkan para peneliti untuk menjelaskan hasil perhitungan statistik dalam bentuk yang lebih intuitif (Fauzi et al., 2024).

2.3. Model Analisis

Untuk melakukan analisis yang lebih mendalam, penelitian ini menggunakan tiga model regresi matematis yang berbeda untuk memperoleh hasil yang komprehensif. Pemilihan model regresi, termasuk varian non-linearnya seperti polinomial, merupakan metode analitik yang efektif untuk pemodelan data deret waktu (Fairuzsyifa & Nugroho, n.d.). Setiap model memiliki fungsi spesifik sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Model Analisis

2.3.1 Regresi Linear

Model ini berfungsi sebagai model dasar untuk menguji hipotesis sederhana tentang adanya tren perubahan yang konstan dan linier sepanjang waktu, yang dapat diwakili oleh persamaan matematis yang menggambarkan hubungan lurus antara variabel waktu dan variabel yang diamati:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (1)$$

2.3.2 Regresi Polinomial Derajat 2

Model ini dirancang untuk mengidentifikasi hubungan non-linear dengan satu titik balik, membuatnya ideal untuk menguji hipotesis tentang adanya perubahan arah atau titik balik dalam data, yang dapat diwakili oleh persamaan matematis berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \epsilon \quad (2)$$

2.3.3 Regresi Polinomial Derajat 3

Model ini diterapkan untuk menguji kemungkinan adanya pola tren yang lebih kompleks (misalnya berbentuk 'S'). Selain itu, model ini juga berfungsi sebagai kontrol untuk mendeteksi risiko overfitting, di mana model menjadi terlalu kompleks dan kurang dapat digeneralisasi. Persamaan model ini adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \epsilon \quad (3)$$

2.4. Perangkat Lunak

Seluruh rangkaian proses analisis komputasi yang dijalankan dalam kerangka penelitian ini berpusat pada ekosistem Bahasa Pemrograman Python (versi 3.9 atau lebih baru). Pustaka inti yang menjadi tulang punggung penelitian ini meliputi: Pandalas, untuk manipulasi dan pra-pemrosesan data (Siti hidayatul Khoirun Nisa' & Rusdianto, 2024); Scikit-learn, sebagai kerangka kerja utama untuk implementasi seluruh model statistik; dan Plotly, yang dipilih karena kemampuannya menghasilkan visualisasi data yang interaktif untuk mendukung proses interpretasi (Fauzi et al., 2024).

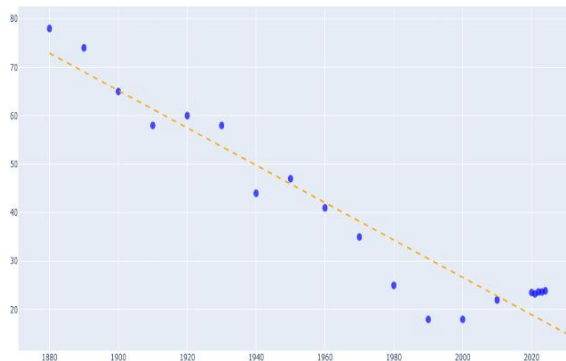
3. Hasil dan Diskusi

Hasil penelitian ini diperoleh dari penerapan ketiga model regresi. Regresi Linear, Regresi Polinomial Derajat 2, dan Regresi Polinomial Derajat 3, pada dataset deret waktu partisipasi tenaga kerja pria usia 65 tahun ke atas di Amerika Serikat, dari tahun 1880 hingga 2024.

3.1. Regresi Linier

Model Regresi Linear menghasilkan garis trend lurus yang berusaha meminimalkan galat kuadrat dari keseluruhan data. Namun, ketika dibandingkan secara visual terhadap data aktual, terlihat bahwa model ini gagal menangkap dua karakteristik penting, yaitu:

- Penurunan tajam yang terjadi pada awal abad ke-20 hingga pertengahan abad ke-20.
- Pembalikan arah trend yang terjadi sekitar tahun 1990-an.

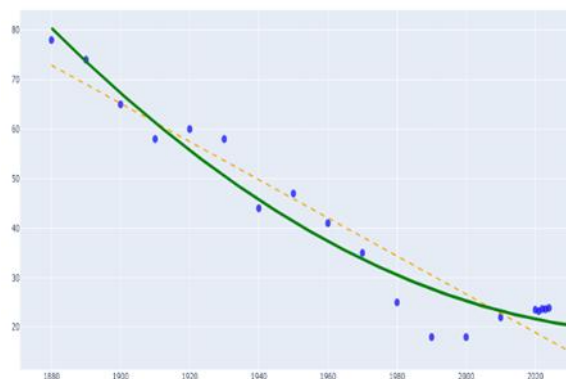


Gambar 3. 1 Hasil Model Regresi Linier

3.2. Regresi Polinomial Derajat 2

Model Polinomial Derajat 2 memberikan hasil yang lebih sesuai dengan pola aktual data. Model ini secara eksplisit mampu menggambarkan adanya titik balik (turning point) dengan bentuk kurva parabola. Titik minimum dari fungsi ini berada sekitar dekade 1990-an, sesuai dengan indikasi visual bahwa partisipasi mulai meningkat setelah periode penurunan panjang.

Keunggulan utama model ini adalah keseimbangannya antara akurasi dan kesederhanaan. Model ini dapat dikatakan sebagai representasi yang paling “interpretable” dan mampu menangkap dinamika historis dengan baik tanpa kehilangan generalisasi.

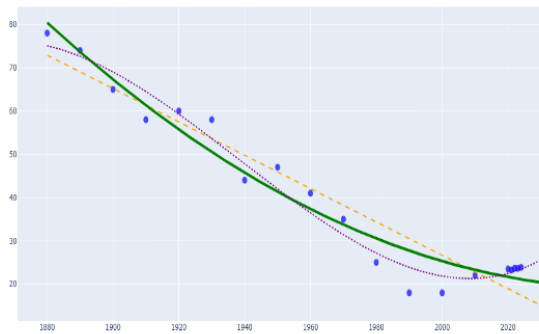


Gambar 3. 2 Hasil Model Regresi Polinommmial Derajat 2

3.3. Regresi Polinomial Derajat 3

Model Derajat 3 menghasilkan kurva yang lebih fleksibel dan kompleks, memungkinkan bentuk “S” atau lengkungan multipel. Namun, hasil prediksi dari model ini untuk masa depan (post-2024) menunjukkan kecenderungan naik tajam secara eksponensial, yang tidak realistis secara ekonomi dan demografis.

Analisis residual dan kurva fitting menunjukkan gejala overfitting, yakni model terlalu mengikuti noise atau fluktuasi kecil dalam data historis, sehingga kehilangan kemampuan generalisasi untuk tren jangka Panjang.

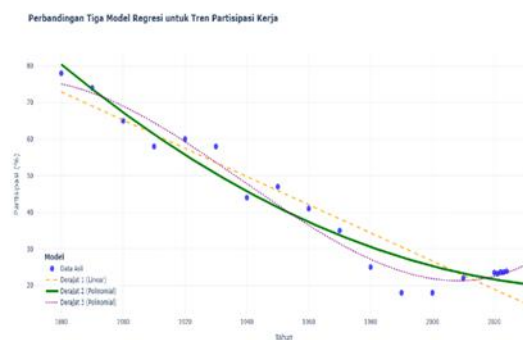


Gambar 3. 3 Hasil Model Regresi Polinomial Derajat 3

3.4. Visualisasi dan Evaluasi Kualitatif

Berikut adalah grafik perbandingan ketiga model regresi (Linear, Polinomial Derajat 2, dan Derajat 3) terhadap data historis partisipasi kerja pria usia 65 tahun ke atas. Titik balik tren (turning point) ditunjukkan oleh garis putus-putus ungu sekitar tahun 1992, yang merupakan temuan utama dari penelitian ini. Grafik ini menunjukkan bahwa:

- Regresi Linear (kuning) tidak mampu menangkap perubahan arah tren.



- Regresi Polinomial Derajat 2 (hijau) secara akurat memodelkan penurunan dan pembalikan tren.
- Regresi Polinomial Derajat 3 (ungu) tampak terlalu kompleks dan menghasilkan prediksi tidak realistis setelah tahun 2024 (overfitting).

3.5. Evaluasi Statistik

Evaluasi kuantitatif terhadap kinerja masing-masing model regresi dilakukan menggunakan tiga metrik utama: Mean Squared Error (MSE), R-squared (R²), dan Cross-Validation (k-fold dengan k=5). Metrik-metrik ini memberikan gambaran objektif tentang seberapa baik setiap model mampu merepresentasikan data historis dan melakukan generalisasi.

3.5.1. Mean Squared Error (MSE)

MSE mengukur rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi oleh model. Semakin kecil nilai MSE, menunjukkan semakin akurat model dalam memprediksi data.

3.5.2. R-squared (R²)

R² mengukur proporsi variasi dalam variabel dependen (Partisipasi) yang dapat dijelaskan oleh variabel independen (Tahun) melalui model. Nilai R² berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan bahwa model memiliki fit yang sangat baik terhadap data.

3.5.3. Cross-Validation (k-fold)

Cross-validation, khususnya metode k-fold ($k=5$), diterapkan untuk mengevaluasi generalisasi model. Dalam metode ini, dataset dibagi menjadi k bagian yang sama. Model dilatih sebanyak k kali, di mana setiap kali satu bagian digunakan sebagai data uji dan $k-1$ bagian lainnya sebagai data latih. Rata-rata metrik performa dari setiap fold kemudian digunakan sebagai indikator kinerja model yang lebih robust dan kurang bias. Ini membantu mendeteksi overfitting yang mungkin terjadi jika model hanya diuji pada data yang sama dengan saat pelatihan. Berikut adalah hasil evaluasi kuantitatif dari ketiga model:

Model	MSE (Training Data)	R-squared (Training Data)	Average MSE (K-Fold CV)	Average R-squared (K-Fold CV)
Regresi Linear	31.6687	0.9168	44.2800	0.7907
Regresi Polinomial Derajat 2	18.4833	0.9514	21.4958	0.9078
Regresi Polinomial Derajat 3	11.5076	0.9698	40.8026	0.8837

Tabel 3. 5.3 Hasil Evaluasi Metrik Model Regresi

Dari Tabel 3.5.3, terlihat bahwa pada data pelatihan, model Regresi Polinomial Derajat 3 memiliki nilai MSE terendah (11.5076) dan nilai R^2 tertinggi (0.9698), mengindikasikan fit yang paling baik terhadap data historis. Diikuti oleh model Regresi Polinomial Derajat 2 dengan MSE 18.4833 dan R^2 0.9514. Model Regresi Linear menunjukkan performa yang paling rendah dengan MSE 31.6687 dan R^2 0.9168, meskipun R^2 0.9168 menunjukkan kemampuan menjelaskan variasi yang masih cukup baik untuk linear pada data latih, MSE yang lebih tinggi mengindikasikan error yang lebih besar.

Namun, evaluasi yang lebih krusial terlihat dari hasil k-fold cross-validation. Pada fase ini, model Regresi Polinomial Derajat 2 menunjukkan performa generalisasi terbaik dengan Average MSE terendah sebesar 21.4958 dan Average R^2 tertinggi sebesar 0.9078. Ini menunjukkan bahwa model Derajat 2 paling konsisten dan akurat dalam memprediksi data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Sebaliknya, meskipun model Regresi Polinomial Derajat 3 memiliki fit terbaik pada data pelatihan, performanya menurun secara signifikan pada cross-validation, dengan Average MSE 40.8026 dan Average R^2 0.8837. Penurunan ini menegaskan indikasi overfitting yang telah diamati secara kualitatif pada visualisasi, di mana model Derajat 3 terlalu kompleks dan menangkap noise dalam data, sehingga kurang mampu digeneralisasi. Model Regresi Linear juga menunjukkan performa terburuk pada cross-validation, menegaskan ketidakcocokannya untuk tren data ini.

Berdasarkan analisis kuantitatif ini, model Regresi Polinomial Derajat 2 adalah model yang paling optimal. Ia berhasil menyeimbangkan kompleksitas yang cukup untuk menangkap titik balik tren tanpa mengorbankan kemampuan generalisasinya, menjadikannya pilihan paling robust untuk analisis dan prediksi lebih lanjut.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil menganalisis secara komprehensif tren historis partisipasi tenaga kerja pria usia 65 tahun ke atas dari tahun 1880 hingga 2024, serta memprediksi pola tersebut hingga tahun 2030, melalui perbandingan tiga model regresi: Regresi Linear, Regresi Polinomial Derajat 2, dan Regresi Polinomial Derajat 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa model Regresi Linear, meskipun sederhana, tidak mampu menangkap dinamika tren yang kompleks, khususnya fenomena titik balik yang signifikan. Sementara itu, model Regresi Polinomial Derajat 3, meskipun memiliki fit yang sangat baik pada data pelatihan, cenderung mengalami overfitting, menghasilkan proyeksi masa depan yang kurang realistis dan performa generalisasi yang menurun pada cross-validation. Secara konsisten, baik dari evaluasi kualitatif melalui visualisasi maupun evaluasi kuantitatif menggunakan metrik MSE dan R^2 serta k-fold cross-validation, model Regresi Polinomial Derajat 2 terbukti

menjadi model yang paling optimal dan seimbang. Model ini berhasil secara akurat memodelkan pola penurunan tajam partisipasi kerja yang terjadi dari akhir abad ke-19 hingga akhir abad ke-20, serta mengidentifikasi titik balik krusial yang terjadi sekitar dekade 1990-an. Sejak titik balik ini, tren partisipasi telah bergeser menjadi cenderung meningkat atau stabil, mematahkan pola penurunan historis yang panjang. Prediksi hingga tahun 2030 dengan model ini menunjukkan kelanjutan tren peningkatan yang moderat, mencerminkan adaptasi demografi dan ekonomi yang terjadi. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi berbagai pihak. Bagi pembuat kebijakan, identifikasi titik balik dan proyeksi tren kenaikan partisipasi tenaga kerja lansia menyediakan data fundamental untuk merumuskan kebijakan yang relevan terkait usia pensiun, program jaminan sosial, serta inisiatif pelatihan dan pengembangan keterampilan bagi pekerja yang lebih tua. Pemahaman ini juga krusial bagi perusahaan dalam merencanakan strategi sumber daya manusia yang inklusif terhadap pekerja lansia, serta bagi individu dalam membuat keputusan perencanaan karir dan finansial jangka panjang. Adanya peningkatan partisipasi ini bisa menjadi indikator positif terhadap kesehatan dan kualitas hidup lansia yang lebih baik, serta kebutuhan ekonomi yang mendorong mereka untuk tetap aktif di pasar kerja. Meskipun penelitian ini memberikan wawasan berharga, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Model regresi polinomial, meskipun lebih fleksibel daripada model linear, tetaplah model statistik yang berbasis pada hubungan historis dan tidak secara langsung mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang dapat mempengaruhi partisipasi tenaga kerja secara mendadak, seperti perubahan kebijakan pemerintah yang signifikan, krisis ekonomi global, inovasi teknologi disruptif, atau pandemi. Selain itu, model ini hanya menggunakan 'Tahun' sebagai prediktor tunggal, mengabaikan variabel-variabel demografi, sosial, dan ekonomi lainnya (misalnya, tingkat pendidikan, kondisi kesehatan, sektor industri, atau insentif pajak) yang juga berpengaruh besar. Untuk penelitian di masa depan, sangat disarankan untuk mengintegrasikan lebih banyak variabel prediktor yang relevan guna membangun model yang lebih komprehensif dan akurat. Penerapan metode time series forecasting yang lebih canggih seperti ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) atau Prophet juga dapat dieksplorasi untuk meningkatkan akurasi prediksi jangka panjang. Selain itu, perbandingan tren partisipasi kerja lansia di berbagai negara atau analisis per gender dapat memperkaya pemahaman global tentang dinamika demografi tenaga kerja.

Referensi

1. Ayuningtyas, A., & Sari Islami, F. (n.d.). ANALISIS PERKEMBANGAN PENDUDUK TERHADAP TINGKAT PARTISIPASI ANGKATAN KERJA DI INDONESIA. <https://transpublika.co.id/ojs/index.php/Transekonomika>
2. Fairuzsyifa, A. L., & Nugroho, Y. S. (n.d.). JIP (Jurnal Informatika Polinema) ANALISIS REGRESI LINIER BERGANDA PENGARUH MINAT CALON MAHASISWA DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA MENGGUNAKAN PYTHON.
3. Fauzi, F. A. N., Santoso, R., & Maruddani, D. A. I. (2024). Pemodelan Data Time Series Menggunakan Pendekatan Regresi Polinomial Lokal Pada Data Harga Saham MDKA. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 6(2), 186. <https://doi.org/10.13057/ijas.v6i2.80118>
4. Kadek, N., Kristanti, S., Nyoman, N., Suasih, R., & Sudirman, J. P. B. (n.d.). PARTISIPASI KERJA PENDUDUK LANJUT USIA DI KABUPATEN TABANAN. In *Jurnal Nirta : Studi Inovasi* (Vol. 4). <https://ejournal.nlc-education.or.id/>
5. Pallotti, F., Paz-Pardo, G., Slacalek, J., Tristani, O., Violante, G. L., Adam, K., Ball, L., Dossche, M., Ehrmann, M., Ferreira, C., Gareis, J., Gorodnichenko, Y., Kaplan, G., Lozej, M., Makarski, K., Checherita-Westphal, C., Chi Dao, M., Foerster, K., Leigh, D., ... Ryan, E. (n.d.). Who Bears the Costs of Inflation? Euro Area Households and the 2021-2023 Shock *.
6. Pannadhitthana Candra, A. (2025). Analisis Data Menggunakan Python: Memperkenalkan Pandas dan NumPy. 3(1), 11–16.
7. Primaastuti Ananda, S., Muthoharoh, L., & Dicko Pratama, S. (2025). ANALISIS K-MEANS CLUSTERING ANGKATAN KERJA. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Seri III Fakultas Sains Dan Teknologi*, 2(1).
8. Rusydi A.Siroj, Win Afgani, Fatimah, Dian Septaria, Gebriella Zahira, & Salsabila. (n.d.). 6. Metode penelitian kuantitatif pendekatan ilmiah untuk analisis data.
9. Siti hidayatul Khoirun Nisa', & Rusdianto, R. Y. (2024). Pemanfaatan Visualisasi Data dalam Meningkatkan Pengambilan Keputusan Bisnis. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 7(2), 200–208. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v7i2.290>
10. Virtanen, M., Myllyntausta, S., Kauppi, M., Kivimäki, M., Pentti, J., Ervasti, J., Prakash, K. C., Vahtera, J., & Stenholm, S. (2022). Trajectories of Worktime Control from Midlife to Retirement and Working beyond Retirement Age. *Work, Aging and Retirement*, 8(3), 273–281. <https://doi.org/10.1093/workar/waab023>
11. <https://fred.stlouisfed.org/series/LNU01375379#>