

Analisis Pengaruh PDRB Per Kapita, Umur Harapan Hidup, dan Harapan Lama Sekolah Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Sulawesi Utara

Christina Amanda Surbakti^{1*}, Kezia Theodora Sinaga², Ayu Lestari Damanik³

¹²³Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

ARTICLE INFO

Article history:

Received May 05, 2025

Revised May 30, 2025

Accepted May 15, 2025

Available online June 18, 2025

Kata Kunci:

IPM, PDRB, UHH, HLS, Regresi Linear Berganda



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.
Copyright © 2023 by Author. Published by Yayasan Daarul Huda

ABSTRAK

Pembangunan manusia adalah aspek fundamental dalam kemajuan suatu negara, dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menjadi indikator Utama untuk mengukur kesejahteraan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita, umur harapan hidup (UHH), dan harapan lama sekolah (HLS) terhadap IPM di Provinsi Sulawesi Utara. Menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model regresi linier berganda, penelitian ini melibatkan data sekunder dari Badan Pusat Statistik untuk 15 kabupaten/kota selama periode 2020 hingga 2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua variable independent secara signifikan mempengaruhi IPM, baik secara parsial maupun simultan. Model regresi awal yang hanya menggunakan PDRB memiliki kemampuan terbatas dalam menjelaskan variasi IPM, sementara penambahan UHH dan HLS secara signifikan meningkatkan kinerja model. Transformasi logaritmik diterapkan untuk memperbaiki spesifikasi model, dan hasilnya menunjukkan bahwa model log-log adalah yang paling efisien dengan nilai Adjusted R^2 sebesar 0,955 dan AIC terendah. Kesimpulannya, PDRB, UHH, dan HLS memiliki peran penting dalam pembangunan manusia di Sulawesi Utara. Penelitian ini merekomendasikan penambahan variable lain

dan pengembangan model prediktif untuk penelitian selanjutnya guna meningkatkan akurasi dan daya jelaskan model terhadap IPM.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan manusia merupakan aspek fundamental dalam kemajuan suatu negara maupun daerah. Dalam konteks ini, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat kesejahteraan masyarakat yang mencakup tiga dimensi utama: kesehatan (umur harapan hidup), pendidikan (harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah), serta standar hidup layak (pendapatan per kapita).

IPM berperan penting dalam mengevaluasi hasil pembangunan manusia di suatu wilayah. Daerah dengan nilai IPM yang tinggi cenderung memiliki akses lebih baik terhadap layanan kesehatan, pendidikan, dan pendapatan. Namun, tingkat pencapaian IPM antar daerah di Indonesia masih menunjukkan ketimpangan. Provinsi-provinsi seperti DKI Jakarta dan Jawa Barat, meskipun berada di Pulau Jawa sebagai pusat pertumbuhan ekonomi, masih menghadapi disparitas antar kabupaten/kota dalam hal kualitas pembangunannya (Fitria, et al. 2024)

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa PDRB per kapita, angka harapan hidup, dan harapan lama sekolah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap IPM. Fitria et al. (2024) menemukan bahwa di DKI Jakarta, ketiga variabel tersebut secara simultan berpengaruh terhadap IPM, meskipun secara parsial hanya PDRB yang memiliki pengaruh positif signifikan. Penelitian Zuhriadi et al. (2024) di Provinsi DI Yogyakarta juga memperkuat bahwa angka harapan hidup dan lama sekolah berkontribusi positif terhadap IPM, sementara kemiskinan justru berdampak negative. Hasil serupa ditemukan oleh Arif et al. (2023) di Provinsi Jambi, di mana hanya angka harapan hidup yang memberikan pengaruh signifikan secara parsial, sementara ketiga variabel berpengaruh secara simultan. Manurung & Hutabarat (2021) juga menyatakan bahwa pengeluaran per kapita dan pendidikan secara signifikan meningkatkan kualitas IPM di Indonesia.

*Corresponding author: christinaamanda86@gmail.com

Berdasarkan hasil-hasil dari penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh PDRB per kapita, umur harapan hidup, dan harapan lama sekolah terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada seluruh kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model regresi linier berganda yang dilengkapi dengan pengujian asumsi klasik, transformasi logaritmik, dan koreksi robust standard error untuk memastikan validitas hasil. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam menyusun kebijakan pembangunan manusia yang lebih inklusif dan merata.

2. METODE

Desain dan Objek Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif eksplanatori yang bertujuan menganalisis pengaruh PDRB per kapita, Umur Harapan Hidup (UHH), dan Harapan Lama Sekolah (HLS) terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian menggunakan regresi linier berganda, dilengkapi dengan uji asumsi klasik dan koreksi robust standard error. Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara, mencakup 15 kabupaten/kota selama periode 2020–2024, dengan total 75 unit observasi. IPM sebagai variabel dependen, sementara PDRB per kapita, UHH, dan HLS sebagai variabel independen yang merepresentasikan aspek ekonomi, kesehatan, dan pendidikan.

Teknik Analisis Data

1. Model Awal dan Model Lengkap

Analisis dimulai dengan model awal yang hanya mencakup PDRB sebagai prediktor IPM untuk mengukur kontribusi awal. Model kemudian dikembangkan menjadi model lengkap dengan menambahkan UHH dan HLS guna meningkatkan nilai R^2 dan mengevaluasi signifikansi tambahan prediktor. Perbandingan kedua model dilakukan melalui nilai R^2 , uji F, dan p-value. Uji F digunakan untuk menilai apakah model lengkap secara statistik lebih baik. Sesuai pendapat Kleinbaum et al. (dalam Palmer & Connell. 2009), langkah ini membantu mengeliminasi variabel yang tidak signifikan agar model lebih efisien.

2. Model Regresi Linier Berganda

Model dalam penelitian ini adalah model regresi linier berganda yang dibangun untuk menganalisis pengaruh PDRB per kapita, Umur Harapan Hidup (UHH), dan Harapan Lama Sekolah (HLS) terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Model dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

$$IPM = \beta_0 + \beta_1 PDRB + \beta_2 UHH + \beta_3 HLS$$

3. Uji Asumsi Klasik

- Uji linearitas dengan *RESET test*.

Uji linearitas dilakukan untuk memastikan bahwa hubungan antara variabel independen dan dependen bersifat linear. Dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Model regresi bersifat linear (tidak terjadi spesifikasi model yang salah)

H_1 : Model regresi tidak bersifat linear (terjadi kesalahan spesifikasi model)

Apabila $p - value > \alpha$ (0,05), maka terima H_0 artinya tidak terjadi masalah linearitas atau model dianggap linear (lolos uji linearitas)

- Uji homoskedastisitas dengan *Breusch-Pagan test*.

Menguji apakah varians residual bersifat konstan (homoskedastisitas). Untuk menguji asumsi homoskedastisitas, digunakan uji Breusch-Pagan. Dengan Hipotesis:

H_0 : Tidak terjadi heteroskedastisitas (data bersifat homoskedastis)

H_1 : Terjadi heteroskedastisitas (varian residual tidak konstan)

Jika $p - value > \alpha$ (0.05), maka terima H_0 varians residual dianggap homogen (lolos uji homoskedastisitas) (Nurafifah & Muflihah. 2024)

- Uji autokorelasi menggunakan *Durbin-Watson test*.

Uji autokorelasi digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara kesalahan pengganggu (error term) pada suatu periode dengan kesalahan pengganggu pada periode

sebelumnya (t-1) (Ghozali, 2013). Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Durbin-Watson (uji DW), dengan dasar pengambilan keputusan sebagai berikut:

Jika nilai Durbin-Watson $< dL$ atau $> 4 - dL$, maka terdapat autokorelasi.

Jika nilai Durbin-Watson berada di antara dU dan $4 - dU$, maka tidak terdapat autokorelasi.

Jika nilai Durbin-Watson berada di antara dL dan dU atau antara $4 - dU$ dan $4 - dL$, maka tidak dapat disimpulkan secara pasti apakah terjadi autokorelasi (Tondok, et al. 2023)

- Uji normalitas residual menggunakan *Shapiro-Wilk test*.

Untuk menguji apakah residual dari model regresi berdistribusi normal dapat dilakukan dengan menggunakan *Shapiro-Wilk test*. Adapun hipotesis pada uji ini:

H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

Dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas dapat dilakukan berdasarkan nilai probabilitas (Asymptotic Significance), dengan kriteria sebagai berikut:

Jika p-value $> 0,05$, maka terima H_0 artinya residual berdistribusi normal (Agustin & Permatasari 2020)

- Uji ekspektasi galat nol

Menguji apakah rata-rata residual = 0 atau mendekati 0 dengan hipotesis sebagai berikut

H_0 : Rata-rata residual sama dengan nol ($E(\varepsilon) = 0$)

H_1 : Rata-rata residual tidak sama dengan nol ($E(\varepsilon) \neq 0$)

4. Penanganan Pelanggaran Uji Asumsi Klasik

- **Transformasi**

Ketika uji asumsi regresi tidak terpenuhi, dilakukan transformasi data untuk memperbaiki masalah seperti hubungan yang tidak linear atau varians yang tidak konstan. Salah satu transformasi yang digunakan adalah transformasi logaritmik pada variabel-variabel dalam model. Dengan transformasi ini, model berubah menjadi model log-log, yang membantu membuat hubungan antar variabel lebih linear dan hasil estimasi lebih stabil.

- **Robust Standard Error**

Jika setelah transformasi data masih ditemukan pelanggaran terhadap asumsi homoskedastisitas, yaitu ketika varians residual tidak konstan pada seluruh pengamatan, maka dapat diterapkan *Robust Standard Error*. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah metode *White's Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator* tipe HC1 oleh (White, 1980), yang memungkinkan perhitungan standar error tetap valid meskipun terdapat heteroskedastisitas. Dengan pendekatan ini, model regresi tetap menggunakan data dalam bentuk aslinya (atau setelah transformasi log), tetapi perhitungan uji-t dan uji-F dilakukan menggunakan standar error yang telah disesuaikan. Hal ini penting untuk menjaga keandalan inferensi statistik, khususnya dalam penentuan signifikansi parameter model.

5. Finalisasi Model

Setelah dilakukan transformasi logaritma natural terhadap variabel independen dan dependen, model regresi yang semula dalam bentuk linier berubah menjadi model log-log.

$$\log(\hat{Y}) = \beta_0 + \beta_1 \log(X_1) + \beta_2 \log(X_2) + \beta_3 \log(X_3)$$

$$\log(IPM) = \beta_0 + \beta_1 \log(PDRB) + \beta_2 \log(UHH) + \beta_3 \log(HLS)$$

6. Uji Parsial dan Uji Simultan

- Uji Parsial (Uji t)

Uji t digunakan untuk mengetahui apakah masing-masing variabel independen memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen secara parsial. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial.

H_1 : Terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial.

Jika p-value $\leq 0,05$, maka H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh signifikan.

- Uji Simultan (Uji F)

Uji F dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh variabel independen secara bersama-sama (simultan) memiliki pengaruh terhadap variabel dependen. Hipotesis yang diuji adalah:

H_0 : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan secara simultan antara semua variabel independen terhadap variabel dependen.

H_1 : Terdapat pengaruh yang signifikan secara simultan antara semua variabel independen terhadap variabel dependen.

Jika $p - value \leq 0,05$ maka H_0 ditolak, artinya terdapat pengaruh yang signifikan secara simultan (Agustin & Permatasari 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Regresi Linear Sederhana

Pada tahap awal analisis, dibangun sebuah model regresi linear sederhana untuk melihat pengaruh Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Model ini hanya menggunakan satu variabel independen, yaitu PDRB, untuk menjelaskan variasi yang terjadi pada IPM. Tujuan dari model ini adalah untuk mengetahui sejauh mana PDRB sebagai indikator ekonomi mampu menjelaskan perbedaan nilai IPM antar wilayah. Dari hasil analisis dengan bantuan R studio didapatkan hasil estimasi dari regresi linear sederhana yang disajikan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Estimasi dari Regresi Linear Sederhana

Koefisien	Estimasi Parameter	Standar Error	t-value	p-value
Intercept	$6,746 \times 10^1$	$7,889 \times 10^{-1}$	85,511	2×10^{-16}
PDRB (X_1)	$1,247 \times 10^{-4}$	$1,442 \times 10^{-5}$	8,649	$8,649 \times 10^{-13}$

Sehingga, model dugaan regresi linear sederhana yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

$$\hat{Y} = 6,746 \times 10^1 + 1,247 \times 10^{-4} X_1$$

- Nilai Intercept (Konstanta) sebesar $6,746 \times 10^1$ menunjukkan bahwa ketika PDRB adalah 0, nilai IPM diprediksi sebesar $6,746 \times 10^1$. Ini memberikan gambaran dasar tentang nilai IPM saat kontribusi dari PDRB tidak ada.
- Koefisien PDRB sebesar $1,247 \times 10^{-4}$ atau 0,0001247 menunjukkan bahwa untuk setiap kenaikan satu unit dalam PDRB, nilai IPM diprediksi meningkat sebesar $1,247 \times 10^{-4}$

Uji Simultan (Uji F)

Hasil dari uji simultan disajikan pada tabel 5 berikut ini

Tabel 4. Hasil Uji Simultan

F-statistik	p-value
7,391	$8,256 \times 10^{-3}$

Dari tabel 4 diatas $p - value = 8,49 \times 10^{-13} < \alpha = 0,05$, dalam hal ini menghasilkan **Tolak H_0** . Artinya Ada hubungan yang signifikan secara keseluruhan antara PDRB (X) dan IPM (Y) di Provinsi Sulawesi Utara secara simultan.

Uji Parsial (Uji T)

Hasil dari uji parsial disajikan pada tabel 6 berikut ini

Tabel 5. Hasil Uji Parsial

t-statistik	p-value
8,649	$0,849 \times 10^{-12}$

Dari tabel 5 diatas $p - value = 0,849 \times 10^{-12} < \alpha = 0,05$, dalam hal ini menghasilkan **Tolak H_0** . Artinya Ada hubungan yang signifikan antara PDRB (X) dan IPM (Y) di Provinsi Sulawesi Utara secara parsial

Penambahan Variabel Independen ke dalam Model

Model regresi linear sederhana kemudian dikembangkan menjadi regresi linear berganda dengan menambahkan variabel-variabel lain yang secara teori juga berpengaruh terhadap IPM, yaitu Umur Harapan Hidup (UHH) dan Harapan Lama Sekolah (HLS). Untuk mengevaluasi apakah penambahan variabel-variabel tersebut meningkatkan kebaikan model secara signifikan. Berikut hasil penambahan variabel pada model regresi

- Model Sebelum ditambahkan variabel UHH (X_2) :

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

- Model setelah ditambahkan variabel UHH (X_2)

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

- Model setelah ditambahkan kembali variabel HLS (X_3) ke dalam model sebelumnya

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Dari penambahan variabel-variabel baru diperoleh nilai SSE sebagai berikut

Tabel 6. Hasil SSE dari Setiap Penambahan Variabel

	Nilai	F hitung	P-value
SSE Awal	515,611	74,8	74,8
SSE dengan UHH	294,937	53,871	53,871
SSE dengan HLS	43,812	406,959	$4,073 \times 10^{-31}$

Dari tabel diatas Model awal memiliki jumlah kuadrat galat (SSE) sebesar 515,6107. Tetapi setelah ditambahkan variabel UHH, nilai SSE menjadi 294,9366. Terjadi penurunan SSE yang cukup besar, yang menandakan bahwa model semakin baik dalam menjelaskan variabilitas IPM. Kemudian setelah dilakukan Kembali penambahan variabel yaitu HLS, nilai SSE Kembali turun menjadi 43,812. Ini menunjukkan peningkatan performa model yang sangat signifikan. Karena nilai p-value pada saat penambahan variabel UHH dan HLS $< 0,05$ menunjukkan bahwa penambahan variabel UHH dan HLS secara signifikan meningkatkan model. Hal ini menunjukkan bahwa variabel-variabel yang ditambahkan sangat kuat dalam menjelaskan perubahan IPM.

Model Regresi Linear Berganda

Berdasarkan proses penambahan variabel independen secara bertahap ke dalam model regresi linear sederhana, diperoleh bahwa variabel Usia Harapan Hidup (UHH) dan Harapan Lama Sekolah (HLS) memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kualitas model. Dengan demikian, model regresi linear berganda yang terbentuk untuk memodelkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) berdasarkan variabel PDRB, UHH, dan HLS. Adapun hasil estimasi dari regresi linear berganda disajikan pada tabel 3 berikut:

Tabel 7. Hasil Estimasi dari Regresi Linear Berganda

Koefisien	Estimasi Parameter	Standar Error	t-value	p-value
Intercept	-2,214	3,689	-0,600	0,55
PDRB (X_1)	$4,388 \times 10^{-5}$	$5,227 \times 10^{-6}$	8,395	$3,09 \times 10^{-12}$
UHH (X_2)	$5,290 \times 10^{-1}$	$5,952 \times 10^{-2}$	8,888	$3,78 \times 10^{-13}$
HLS (X_3)	2,863	$1,419 \times 10^{-1}$	20,173	$< 2 \times 10^{-16}$

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

$$\hat{Y} = -2,214 + 4,388 \times 10^{-5} + 5,290 \times 10^{-1} + 2,863$$

- Nilai Intercept sebesar -2,214 menunjukkan prediksi IPM ketika seluruh variabel independen (PDRB, UHH, dan HLS) bernilai nol. Namun secara kontekstual, kondisi

tersebut tidak realistis sehingga nilai intercept ini tidak memiliki makna praktis yang signifikan.

- Koefisien PDRB sebesar $4,388 \times 10^{-5}$ atau 0,00004388 menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu unit dalam PDRB akan meningkatkan nilai IPM sebesar $4,388 \times 10^{-5}$, dengan asumsi variabel lain tetap konstan.
- Koefisien UHH sebesar 2,595 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu tahun dalam Usia Harapan Hidup (UHH) akan meningkatkan nilai IPM sebesar 2,595 poin, dengan asumsi variabel lainnya tetap.
- Koefisien HLS sebesar 2,863 : Mengindikasikan bahwa setiap peningkatan satu tahun dalam Harapan Lama Sekolah (HLS) akan meningkatkan nilai IPM sebesar 2,863 poin, jika variabel lainnya dianggap tetap.

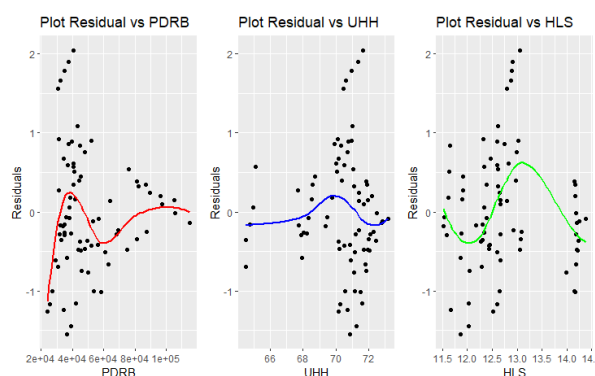
Uji Asumsi Klasik

1. Uji Asumsi Linearitas

Untuk menguji asumsi ini, digunakan Uji RESET (Regression Equation Specification Error Test) serta plot residual terhadap masing-masing variabel independen. Berikut tabel hasil uji RESET dan plot residual dari masing-masing variabel

Tabel 8. Hasil Uji RESET

	F-statistik	p-value
Uji RESET	3,439	0,038



Gambar 1. Visualisasi Plot Residual terhadap setiap variabel independen

Hasil uji Ramsey RESET menunjukkan nilai statistik uji sebesar 3,4389 dengan p-value = 0,0377. Karena nilai p-value < 0.05, maka terdapat indikasi bahwa model mengalami kesalahan spesifikasi, yaitu kemungkinan hubungan antara variabel tidak sepenuhnya linear. Selain itu, berdasarkan plot residual terhadap PDRB, UHH, dan HLS, tampak adanya pola lengkung (non-linear) pada masing-masing grafik. Hal ini memperkuat hasil uji RESET bahwa terdapat penyimpangan dari linearitas sempurna. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi yang digunakan menunjukkan adanya indikasi ketidaksesuaian linearitas, sehingga perlu dipertimbangkan transformasi variabel atau pendekatan model yang lebih kompleks jika diperlukan.

Melakukan Transformasi Pada Model Regresi Linear Berganda

Karena model awal melanggar asumsi linearitas, dilakukan transformasi logaritma pada semua variabel sehingga model menjadi log-log. Transformasi ini memperbaiki hubungan antar variabel dan memungkinkan interpretasi bahwa setiap kenaikan 1% pada variabel independen akan menyebabkan perubahan sebesar koefisien persen pada variabel dependen. Hasil estimasi ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Estimasi dari Model Transformasi Logaritma Regresi Linear Berganda

Koefisien	Estimasi Parameter	Standar Error	t-value	p-value
Intercept	$533,365 \times 10^{-3}$	$202,726 \times 10^{-3}$	2,631	0,010
LogPDRB (X_1)	$33,147 \times 10^{-3}$	$4,127 \times 10^{-3}$	8,032	$0,146 \times 10^{-10}$
LogUHH (X_2)	$504,138 \times 10^{-3}$	$55,393 \times 10^{-3}$	9,101	$0,153 \times 10^{-12}$
LogHLS (X_3)	$497,357 \times 10^{-3}$	$25,029 \times 10^{-3}$	19,871	$< 2 \times 10^{-16}$

$$\log \hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

$$\log \hat{Y} = 533,365 \times 10^{-3} + 33,147 \times 10^{-3} X_1 + 504,138 \times 10^{-3} X_2 + 497,357 \times 10^{-3} X_3$$

- Nilai Intercept yaitu $533,365 \times 10^{-3}$ atau (0.533365): menunjukkan nilai log(IPM) saat log seluruh variabel independen yaitu PDRB, UHH, dan HLS adalah nol. Nilai ini biasanya tidak ditafsirkan secara mendalam karena kurang bermakna secara kontekstual.
- logPDRB $33,147 \times 10^{-3}$ atau (0.033147): artinya kenaikan sebesar 1% dalam PDRB diperkirakan akan meningkatkan nilai IPM sebesar 0.033147%, dengan asumsi variabel lain tetap.
- logUHH $504,138 \times 10^{-3}$ atau (0.504138): artinya kenaikan sebesar 1% dalam Usia Harapan Hidup (UHH) diperkirakan akan meningkatkan IPM sebesar 0.504138%, dengan asumsi variabel lain tetap.
- logHLS $497,357 \times 10^{-3}$ atau (0.497357): artinya kenaikan sebesar 1% dalam Harapan Lama Sekolah (HLS) diperkirakan akan meningkatkan IPM sebesar 0.497357%, dengan asumsi variabel lain tetap.

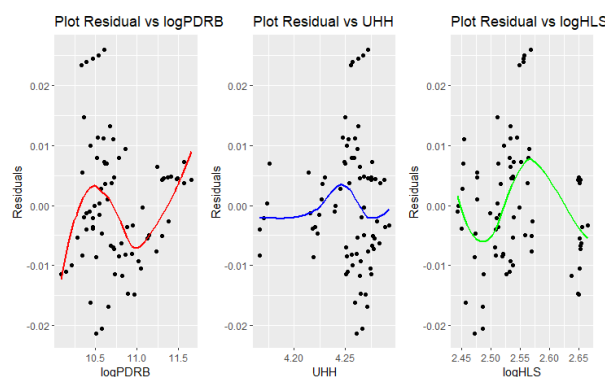
Uji Asumsi Klasik

1. Uji Asumsi Linearitas

Setelah dilakukan transformasi log pada seluruh variabel dalam model regresi linear berganda untuk mengatasi pelanggaran linearitas pada model sebelumnya, dilakukan kembali pengujian terhadap asumsi linearitas menggunakan uji Ramsey RESET dan plot residual terhadap masing-masing variabel independen. Berikut tabel hasil uji RESET dan plot residual dari masing-masing variabel dari model log

Tabel 10. Hasil Uji RESET

	F-statistik	p-value
Uji RESET	2,968	0,058



Gambar 1. Visualisasi Plot Residual terhadap setiap variabel independent yang telah di transformasi

Hasil uji Ramsey RESET menunjukkan nilai statistik sebesar 2,968 dengan p-value sebesar 0.058. Karena nilai p-value $> 0,05$ maka tidak terdapat cukup bukti untuk menolak H_0 , yang menyatakan bahwa model sudah sesuai secara spesifikasi. Artinya, model yang telah

ditransformasi log-log memenuhi asumsi linearitas. Namun demikian, hasil plot residual terhadap logPDRB, logUHH, dan logHLS menunjukkan bahwa masih terdapat sedikit pola lengkung pada garis loess, terutama pada variabel logPDRB dan logHLS. Secara statistik, model logaritmik ini memenuhi asumsi linearitas berdasarkan uji RESET, meskipun dengan p-value yang mendekati batas signifikansi. Namun, pola lengkung yang masih tampak pada plot residual mengindikasikan bahwa linearitas dalam model ini tergolong cukup lemah secara visual.

2. Uji Ekspektasi Galat Nol Bersyarat

Uji ini dilakukan untuk memastikan bahwa rata-rata nilai residual (galat) dari model regresi yang telah ditransformasi secara logaritmik adalah nol, sesuai dengan salah satu asumsi Gauss-Markov. Berikut hasil dari uji ekspektasi galat nol bersyarat

Tabel 11. Hasil Uji Ekspektasi Galat Nol Bersyarat

Rata-Rata Residuals	t-stat	p-value
$-4,933 \times 10^{-20}$	$-4,085 \times 10^{-17}$	1

Dari tabel diatas nilai rata-rata residual yang diperoleh adalah sebesar -4.93312×10^{-20} , yang sangat mendekati nol. Kemudian hasil uji statistik menunjukkan nilai t hitung sebesar -4.086×10^{-17} dengan p-value sebesar 1. Karena p-value jauh lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05 maka keputusan uji adalah gagal menolak H_0 . Artinya, tidak terdapat cukup bukti untuk menyatakan bahwa ekspektasi galat berbeda dari nol. Dengan kata lain, asumsi ekspektasi galat nol terpenuhi.

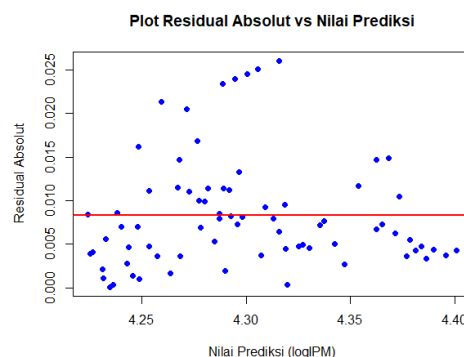
3. Uji Asumsi Homoskedastisitas

Untuk menguji asumsi homoskedastisitas pada model regresi log-log, dilakukan Uji White. Berikut hasil pengujian asumsi homokedastisitas yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 12. Hasil Uji White

	BP statistik	p-value
Uji White	9,077	0,011

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai p-value sebesar $0,011 < 0,05$, sehingga keputusan yang diambil adalah menolak H_0 . Artinya, terdapat bukti bahwa varians galat tidak konstan atau terjadi heteroskedastisitas dalam model. Temuan ini diperkuat oleh plot residual absolut terhadap nilai prediksi (logIPM), di mana terlihat adanya pola penyebaran residual yang tidak merata di sepanjang nilai prediksi yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. Visualisasi Plot Residual Absolut Terhadap Nilai Prediksi

Dari gambar diatas plot residual absolut terhadap nilai prediksi (logIPM) menunjukkan bahwa penyebaran residual tidak merata di sepanjang nilai prediksi. Terlihat bahwa nilai residual cenderung semakin besar atau semakin kecil pada titik-titik tertentu. Pola seperti ini mengindikasikan bahwa besarnya kesalahan (residual) berubah-ubah tergantung pada nilai

prediksi. Hal ini menunjukkan bahwa model mengalami masalah heteroskedastisitas, yang berarti varian dari residual tidak konstan. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan koreksi terhadap galat baku dengan menggunakan metode White's heteroskedasticity-robust standard errors (HC1). Adapun hasil dari metode White's heteroskedasticity-robust standard errors (HC1) dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 13. Hasil Estimasi Metode White's heteroskedasticity-robust standard errors (HC1)

Koefisien	Estimasi Parameter	Standar Error	t-value	p-value
Intercept	$533,365 \times 10^{-3}$	$159,040 \times 10^{-3}$	3,358	0,001
LogPDRB (X_1)	$33,147 \times 10^{-3}$	$4,138 \times 10^{-3}$	8,011	$1,595 \times 10^{-11}$
LogUHH (X_2)	$504,138 \times 10^{-3}$	$48,870 \times 10^{-3}$	10,317	$9,158 \times 10^{-16}$
LogHLS (X_3)	$497,357 \times 10^{-3}$	$23,602 \times 10^{-3}$	21,072	$< 2,2 \times 10^{-16}$

Dengan koreksi ini, estimasi koefisien tetap sama, namun galat baku serta nilai uji-t dan p-value menjadi lebih reliabel untuk digunakan dalam pengambilan keputusan.

4. Uji Asumsi Autokorelasi

Untuk mendeteksi adanya autokorelasi residual dalam model regresi, maka dilakukan uji Durbin Watson terhadap model regresi log-log. Adapun hasil uji Durbin-Watson dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 14. Hasil Uji Durbin-Watson

Statistik DW	p-value
2,169	0,765

Hasil uji menunjukkan bahwa nilai statistik Durbin-Watson sebesar 2,169 dengan p-value sebesar 0,765. Nilai ini mendekati angka 2 dan p-value yang melebihi 0,05 mengindikasikan bahwa tidak terdapat autokorelasi residual yang signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa asumsi autokorelasi terpenuhi dalam model regresi yang digunakan.

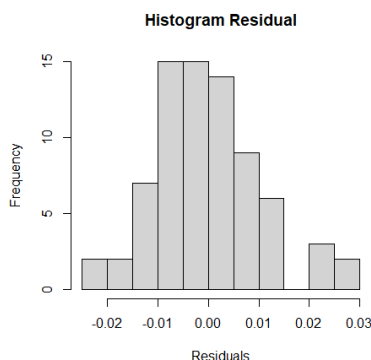
5. Uji Asumsi Normalitas Residual

Untuk menguji apakah residual dari model regresi log-log berdistribusi normal, dilakukan uji Shapiro-Wilk. Adapun hasil uji Shapiro-Wilk dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 15. Hasil Uji Shapiro Wilk

Statistik W	p-value
0,968	0,056

Hasil uji menunjukkan nilai $W = 0,968$ dengan $p - value = 0,056$, yang lebih besar dari taraf signifikansi 0,05. Dengan demikian, gagal menolak H_0 , yang berarti tidak terdapat bukti cukup untuk menyatakan bahwa residual tidak berdistribusi normal. Artinya, asumsi normalitas residual dapat diterima. Temuan ini diperkuat dengan histogram residual yang tampak membentuk pola distribusi mendekati normal (simetris), meskipun sedikit miring ke kanan yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4. Histogram Residual

Hal ini menunjukkan bahwa secara visual maupun statistik, distribusi residual dari model cukup memenuhi asumsi normalitas.

Uji Hipotesis

1. Uji T (Parsial)

Selanjutnya dilakukan uji t untuk menguji signifikansi masing-masing variabel independen secara parsial terhadap variabel dependen pada model regresi log-log. Uji ini dilakukan dengan menggunakan robust standard error (koreksi White) untuk mengatasi adanya heteroskedastisitas yang dapat dilihat pada tabel 13

- Variabel Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)
Berdasarkan hasil uji t, diketahui bahwa variabel logPDRB memiliki nilai p-value sebesar $1,595 \times 10^{-11}$, yang jauh lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan secara parsial antara logPDRB terhadap logIPM.
- Variabel Umur Harapan Hidup (UHH)
Hasil uji t menunjukkan bahwa variabel logUHH memiliki p-value sebesar $9,158 \times 10^{-16}$, yang juga jauh lebih kecil dari 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa logUHH berpengaruh signifikan secara parsial terhadap logIPM.
- Variabel Harapan Lama Sekolah (HLS)
Untuk variabel logHLS, diperoleh p-value $< 2,2 \times 10^{-16}$, yang berarti sangat signifikan secara statistik. Ini menunjukkan bahwa logHLS juga berpengaruh signifikan secara parsial terhadap logIPM.

1. Uji F (Simultan)

Uji F dilakukan untuk mengetahui apakah secara simultan (bersama-sama) variabel bebas yang digunakan dalam model, yaitu logPDRB, logUHH, dan logHLS, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat logIPM. Berikut hasil uji simultan yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 16. Hasil Uji Simultan pada model log-log dengan robust standard error

F statistik	p-value
1,365	$< 2,2 \times 10^{-16}$

Berdasarkan hasil uji Wald (uji F dengan robust standard error), diperoleh nilai F hitung sebesar 1,365, dengan $p - value < 2,2 \times 10^{-16}$. Karena nilai p-value jauh lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05, maka tolak H_0 dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan secara simultan antara semua variabel independen terhadap variabel dependen Artinya, kombinasi dari PDRB, UHH, dan HLS memiliki kemampuan yang kuat dalam menjelaskan variasi IPM secara bersama-sama.

Pemilihan Model Terbaik

Untuk menentukan model terbaik dalam menjelaskan variasi Indeks Pembangunan Manusia (IPM), dilakukan perbandingan antara tiga model regresi, yaitu:

- Model Regresi Linear Sederhana (dengan satu variabel predictor yaitu PDRB),
- Model Regresi Linear Berganda (dengan tiga variabel prediktor: PDRB, UHH, dan HLS), serta
- Model Log-Log (menggunakan transformasi logaritmik terhadap IPM dan semua variabel prediktor).

Berikut hasil perbandingan ketiga model regresi linear berdasarkan nilai Adjusted R^2 dan nilai AIC yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 17. Hasil Perbandingan Model

	Adjusted R^2	AIC
Model Regresi Linear Sederhana	0,499	363,431
Model Regresi Linear Berganda	0,956	182,523
Model Log-log	0,955	-462,259

Dari tabel diatas Model regresi linear berganda dan model log-log memiliki nilai Adjusted R^2 yang jauh lebih tinggi dibandingkan model regresi linear sederhana, yang berarti keduanya jauh lebih baik dalam menjelaskan variasi IPM. Selisih antara model berganda dan log-log sangat kecil, sehingga keduanya sama-sama sangat baik. Semakin kecil nilai AIC semakin baik model. Model log-log memiliki AIC paling rendah secara signifikan, menunjukkan bahwa model ini paling efisien dan paling sesuai untuk data dibanding dua model lainnya.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Adapun Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

- Seluruh variabel independen, yaitu Produk Domestik Regional Bruto per kapita (PDRB), Usia Harapan Hidup (UHH), dan Harapan Lama Sekolah (HLS), terbukti berpengaruh signifikan terhadap IPM, baik secara parsial (berdasarkan uji t) maupun simultan (berdasarkan uji F). Hal ini menunjukkan bahwa indikator ekonomi, kesehatan, dan pendidikan memiliki peran penting dalam menentukan tingkat pembangunan manusia di Provinsi Sulawesi Utara
- Model regresi linear sederhana yang hanya menggunakan PDRB memiliki kemampuan yang terbatas dalam menjelaskan variasi IPM, dengan Adjusted R^2 sebesar 0,499 dan AIC sebesar 363,431. Sehingga dilakukan penambahan variabel baru kedalam model
- Model regresi linear berganda, yang menambahkan UHH dan HLS sebagai variabel independen, secara signifikan meningkatkan kinerja model (Adjusted R^2 = 0,956 dan AIC = 182,523). Penambahan variabel ini secara statistik memperbaiki model. Namun, model berganda dalam bentuk awal melanggar asumsi linearitas dan homoskedastisitas, sehingga dilakukan transformasi logaritmik (log-log) terhadap semua variabel untuk memperbaiki spesifikasi model.
- Model log-log terbukti mampu memperbaiki asumsi linearitas, dapat menangani heteroskedastisitas dengan penggunaan robust standard error (White's correction), serta menunjukkan hasil pengujian asumsi normalitas, autokorelasi, dan ekspektasi galat nol yang terpenuhi. Secara keseluruhan, model log-log dipilih sebagai model terbaik, karena memiliki nilai AIC paling rendah (-462,259), nilai Adjusted R^2 yang tinggi (0,955), dan memenuhi asumsi-asumsi klasik regresi setelah dilakukan koreksi.

Penelitian ini hanya berfokus pada pengujian pengaruh variabel PDRB, UHH, dan HLS terhadap IPM dan belum sampai pada tahap peramalan (prediksi). Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model regresi ini ke dalam model prediksi, misalnya dengan menggunakan pendekatan time series, regresi ridge/lasso, atau machine learning. Selain itu, meskipun penggunaan transformasi log dan robust standard error telah mampu menangani pelanggaran asumsi, dapat dipertimbangkan penggunaan metode

Generalized Least Squares (GLS) sebagai alternatif untuk menangani struktur error yang lebih kompleks. Kemudian Penambahan variabel lain yang relevan juga dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan daya jelaskan model terhadap IPM

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agustin P, Permatasari RI. Pengaruh Pendidikan dan Kompensasi terhadap Kinerja Divisi NPD pada PT. Mayora Indah Tbk. *Jurnal Ilmiah M-PROGRESS*. 2020;10(2):174–80
- Arif A, Alfarez DA, Ramadhan MR, Mardhotillah B. Pengaruh Angka Harapan Hidup saat lahir (AHH), Harapan Lama Sekolah (HLS) dan Rata-rata Lama Sekolah (RLS) terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jambi. *Multi Proximity: Jurnal Statistika Universitas Jambi*. 2023;2(2):88–92
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Indeks Pembangunan Manusia Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Utara (2023) [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 4]. Available from: <https://sulut.bps.go.id/id>.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Produk Domestik Regional Bruto Per Kapita Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Utara (Ribuan Rupiah) – 2022 [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 4]. Available from: <https://sulut.bps.go.id/id>.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Umur Harapan Hidup [Internet]. [cited 2025 Jun 4]. Available from: <https://sulut.bps.go.id/id>.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Harapan Lama Sekolah [Internet]. [cited 2025 Jun 4]. Available from: <https://sulut.bps.go.id/id>.
- Fitria L, Marsono M, Prasetyo E. Analisis Pengaruh PDRB per Kapita, Harapan Lama Sekolah, dan Umur Harapan Hidup Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi DKI Jakarta. *Statistika*. 2024;11(2):77–85.
- Hawk GS, Thompson KL. Deriving the distribution and exploring the utility of partial R^2 in the era of big data. *J Stat Theory Appl*. 2024;23(2):115–28.
- Manurung EN, Hutabarat F. Pengaruh Angka Harapan Lama Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah, dan Pengeluaran per Kapita Terhadap Indeks Pembangunan Manusia. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Manajemen*. 2021;4(2):121–9
- Nurafifah W, Muflihah R. Pengaruh customer review, customer rating, dan Harga terhadap keputusan pembelian produk pada platform Shopee (studi kasus pada pengguna platform Shopee di Institut Agama Islam Tasikmalaya tahun 2024). *LA ZHULMA: Jurnal Ekonomi Syariah*. 2024;5(1):315–33.
- Palmer PB, O'Connell DG. Regression analysis for prediction: understanding the process. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2009;20(3):23–6.
- Tondok WS, Kalangi JB, Rompas WFI. Pengaruh Angkatan Kerja dan Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kabupaten Tana Toraja Tahun 2011-2021. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*. 2023;23(5):49–54.
- White H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*. 1980;48(4):817–38.
- Zuhriadi Z, Pujiarti D, Putra F, Suryani D. Pengaruh Kemiskinan, Pendidikan, dan Kesehatan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi D.I. Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*. 2024;12(1):39–52.