



UTS EKONOMETRIKA

**Analisis Model Regresi Logistik, Uji Stasioneritas, dan Peramalan
Menggunakan ARIMA**

Dengan 2 Judul:

Model Regresi Logistik dalam Menganalisis Faktor Adopsi Kebijakan Hijau di Era Ekonomi
Berkelanjutan

Peramalan Produksi Energi Terbarukan Tahun 2020–2030 Menggunakan Model ARIMA
Berdasarkan Data 2000–2019

Dosen Pengampu:

Dr. Candra Mustika, S.E., M.Si.

Oleh:
Reza Ilyas Pratama C1a022046

**PROGRAM STUDI EKONOMI PEMBANGUNAN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS JAMBI
2025**

Model Regresi Logistik dalam Menganalisis Faktor Adopsi Kebijakan Hijau di Era Ekonomi Berkelanjutan

Penelitian ini menggunakan satu variabel dependen (Y) dan empat variabel independen (X1–X4) yang dirancang untuk melihat faktor-faktor yang memengaruhi keputusan suatu entitas dalam mengadopsi kebijakan hijau. Berikut penjelasan masing-masing variabelnya:

Y – Mengadopsi Kebijakan Hijau

Variabel ini nunjukkin apakah entitas udah mulai pakai kebijakan yang ramah lingkungan atau belum.

- 1 = Ya (mengadopsi)
- 0 = Tidak (belum mengadopsi)

X1 – Jumlah Startup Ramah Lingkungan

Mengukur berapa banyak startup hijau yang aktif di suatu wilayah/instansi. Makin banyak startup, makin kuat ekosistem inovasi lingkungannya.

X2 Indeks Adopsi Teknologi Hijau

Skor 0–10 yang ngegambarin sejauh mana entitas udah pakai teknologi ramah lingkungan, kayak panel surya, EV, dll.

X3 – Jam Pelatihan Keberlanjutan

Total jam pelatihan yang dikasih ke staf soal keberlanjutan, efisiensi energi, atau isu lingkungan lainnya.

X4 – Penggunaan Material Daur Ulang (%)

Persentase bahan daur ulang yang dipakai dalam operasional. Angka tinggi = tingkat kesadaran lingkungan yang tinggi juga.

Noted:

Penelitian ini sifatnya fiktif dan pakai data observasi dari 200 entitas yang mewakili berbagai wilayah atau jenis usaha. Walaupun rentang waktunya panjang, data ini disusun dalam bentuk cross-sectional. Artinya, setiap entitas hanya diamati sekali, berdasarkan kondisi terbaru mereka yang berkaitan dengan aspek-aspek ekonomi hijau.

Untuk analisisnya sendiri, digunakan metode regresi logistik (logit). Tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh keempat faktor tadi terhadap kemungkinan entitas menerapkan kebijakan hijau.

Data Fiktif

Jumlah Startup Ramah Lingkungan (X1)	Indeks Adopsi Teknologi Hijau (X2)	Jam Pelatihan Keberlanjutan (X3)	Penggunaan Material Daur Ulang (%) (X4)	Mengadopsi Kebijakan Hijau (Y)
38	7	38	46	1
28	5	13	85	1
14	7	94	55	1
42	0	4	93	0
7	7	34	62	1
20	3	86	47	1
38	10	92	60	1
18	0	74	80	1
22	7	17	25	0
10	3	75	35	1
10	5	8	0	0
23	7	73	7	1
35	3	57	98	1
39	2	16	51	1
23	8	6	78	1
2	2	45	46	0
21	8	12	55	1
1	1	39	85	0
23	1	41	13	0
43	1	8	89	1
29	5	49	27	1
37	2	26	86	1
1	8	65	77	1
20	3	4	87	1
32	0	28	1	0
11	3	36	25	0
21	0	37	13	0
43	4	82	58	1
24	3	7	55	0
48	7	64	6	1
26	7	85	2	0
41	6	16	22	1
27	2	70	17	0
15	0	88	37	1
14	0	44	98	1
46	10	3	14	1
50	2	35	63	1

43	5	69	88	1
2	6	30	100	1
36	5	18	27	0
50	5	60	73	1
6	5	53	38	1
20	2	38	56	0
8	5	90	16	1
38	7	73	85	1
17	10	89	89	1
3	10	18	43	1
24	1	38	24	1
13	4	66	16	0
49	0	44	12	0
8	0	12	83	0
25	4	91	24	1
1	2	57	67	0
19	3	19	9	0
27	2	91	66	1
46	0	71	17	1
6	0	60	99	1
43	4	38	85	1
7	5	0	33	0
46	2	2	7	1
34	8	76	39	1
13	4	91	82	1
16	7	61	41	1
35	0	62	40	1
49	4	24	100	1
39	2	55	5	0
3	0	32	51	0
1	3	37	25	0
5	4	5	63	0
41	6	57	97	1
3	0	43	58	0
28	2	44	55	0
17	1	31	58	0
25	8	44	69	1
43	9	60	100	1
33	5	46	32	1
9	9	20	52	0
35	2	79	21	0
13	7	84	20	0

30	7	74	69	1
47	1	100	69	1
14	5	35	3	0
7	6	98	93	1
13	1	18	74	0
22	10	19	61	1
39	9	56	61	1
20	1	17	93	1
15	9	46	94	1
44	0	48	23	1
17	7	13	54	1
46	0	14	8	0
23	8	30	2	0
25	10	0	30	1
24	5	53	39	1
44	6	2	100	1
40	9	15	35	1
28	6	86	23	1
14	9	56	94	1
44	2	74	5	1
0	1	11	65	0
24	8	73	83	1
6	7	95	91	1
8	9	15	74	1
23	6	71	3	1
0	8	75	78	1
43	3	23	5	1
7	3	27	93	0
23	0	7	50	1
10	7	91	61	1
50	2	35	56	1
16	6	89	65	1
7	1	7	78	0
34	1	57	74	1
34	6	59	7	1
32	5	49	25	1
4	2	27	50	0
41	8	91	44	1
38	9	100	43	1
40	5	40	4	1
27	9	99	69	1
6	9	63	25	1

8	5	26	67	1
7	0	62	18	0
11	3	16	83	0
33	9	72	96	1
32	5	32	19	1
47	5	83	11	1
22	10	76	46	1
23	4	91	0	0
36	0	28	89	1
34	7	12	13	1
43	4	45	63	1
39	4	34	37	1
21	6	5	36	1
26	3	81	10	1
34	5	68	99	1
0	3	46	76	1
34	2	24	2	0
36	6	65	32	1
46	7	9	5	1
13	3	55	49	0
2	1	29	9	0
0	9	4	4	0
4	2	32	22	0
25	0	64	9	0
13	7	17	43	0
38	2	95	1	1
26	9	48	12	1
8	6	10	39	0
14	9	84	1	1
14	4	25	83	1
25	9	62	64	1
41	4	88	62	1
12	6	85	100	1
50	8	58	72	1
31	4	26	16	1
38	0	48	8	0
48	9	76	74	1
31	9	32	14	1
3	0	97	23	0
29	1	98	37	0
36	5	0	34	1
22	8	20	93	1

38	7	54	94	1
44	4	5	48	1
14	0	91	68	0
42	6	80	61	1
28	4	68	59	1
35	5	94	49	1
12	6	4	77	1
31	2	2	74	0
6	9	52	8	1
50	2	22	33	0
21	4	100	75	1
27	5	52	98	1
1	8	36	34	1
41	4	73	0	1
44	0	73	39	1
5	3	82	63	0
27	4	16	21	1
27	9	84	59	1
43	9	77	63	1
43	4	72	92	1
19	6	0	71	1
29	3	50	10	0
10	0	44	100	1
27	4	76	13	1
24	6	3	59	1
38	9	61	29	1
32	9	64	34	1
0	5	31	84	1
26	4	33	36	1
12	3	91	4	0
40	1	94	82	1
2	3	71	77	1
38	9	38	25	1
5	9	25	61	1
7	2	33	3	0
26	9	53	88	1
8	0	2	41	0

INTERPRETASI HASIL REGRESI LOGIT (BINARY LOGISTIC)

Judul: Model Regresi Logistik dalam Menganalisis Faktor Adopsi Kebijakan Hijau di Era Ekonomi Berkelanjutan

Logistic Regression Menggunakan SPSS 26

Case Processing Summary

Unweighted Cases ^a		N	Percent
Selected Cases	Included in Analysis	200	100.0
	Missing Cases	0	.0
	Total	200	100.0
Unselected Cases		0	.0
	Total	200	100.0

a. If weight is in effect, see classification table for the total number of cases.

Jumlah Kasus yang Diikutkan dalam Analisi Seluruh 200 observasi dalam dataset berhasil dianalisis tanpa ada data yang hilang. Ini menunjukkan kelengkapan data (data completeness) yang sangat baik, yang memperkuat validitas hasil regresi logistik karena tidak ada pengaruh dari *missing data*

Kasus Hilang = 0: Ini berarti semua variabel bebas dan terikat yang digunakan dalam model memiliki data lengkap untuk setiap entitas (tanpa nilai kosong), sehingga tidak diperlukan imputasi data atau penghapusan kasus karena ketidakhadiran nilai.

Unselected Cases = 0: Menandakan bahwa tidak ada unit analisis yang dikeluarkan dari model, dan seluruh sampel diperlakukan secara konsisten. Dengan demikian, model mewakili seluruh populasi sampel secara menyeluruh dan tanpa bias seleksi.

Dependent Variable Encoding

Original Value	Internal Value
Tidak (belum mengadopsi)	0
Ya (mengadopsi)	1

Dalam regresi logistik, variabel dependen harus dikodekan dalam bentuk numerik biner. Oleh karena itu, SPSS secara otomatis mengubah nilai kategorik “Ya” dan “Tidak” menjadi angka:

- 0 = Tidak mengadopsi kebijakan hijau (nilai referensi/baseline).
- 1 = Ya, mengadopsi kebijakan hijau (nilai kejadian/outcome yang ingin diprediksi).

Pemilihan “1” sebagai outcome: Model logistik yang dibangun akan fokus pada kemungkinan (probabilitas) suatu entitas mengadopsi kebijakan hijau. Artinya, semua estimasi koefisien variabel independen dalam model bertujuan untuk menjelaskan bagaimana variabel-variabel tersebut meningkatkan atau menurunkan peluang $Y = 1$ (mengadopsi).

Block 0: Beginning Block

Classification Table^{a,b}

		Predicted		Percentage Correct	
		Mengadopsi Kebijakan Hijau.			
		Tidak (belum mengado psi)	Ya (mengadopsi)		
Observed					
Step 0 Mengadopsi Kebijakan Hijau.		0	60	.0	
		0	140	100.0	
Overall Percentage				70.0	

a. Constant is included in the model.

b. The cut value is .500

Ini adalah hasil klasifikasi model regresi logistik sebelum variabel independen (X_1 – X_4) dimasukkan ke dalam model. Dalam regresi logistik, Block 0 hanya menyertakan konstanta (intercept), tanpa mempertimbangkan pengaruh variabel bebas. Oleh karena itu, semua prediksi dibuat berdasarkan kemungkinan dasar (baseline probability).

- Karena model belum mengandung prediktor, semua prediksi dilakukan hanya berdasarkan nilai mayoritas (modus) dari data dependen.
- Di dataset ini, 140 dari 200 entitas (70%) mengadopsi kebijakan hijau ($Y = 1$), sedangkan 60 (30%) tidak mengadopsi ($Y = 0$).
- Maka, SPSS memprediksi semua kasus sebagai “Ya (1)”, karena itu adalah kategori yang paling banyak.
- Akurasi model 70.0% ini hanya mencerminkan kemampuan tebakan acak berdasarkan proporsi tanpa adanya pengaruh prediktor. Ini disebut sebagai null model atau baseline model.

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 0 Constant	.847	.154	30.152	1	.000	2.333

- Koefisien Konstanta ($B = 0.847$): Dalam model logit, ini berarti bahwa jika seluruh nilai $X = 0$ (model tanpa prediktor), maka log odds (logaritma dari peluang) adopsi kebijakan hijau adalah 0.847.
- $\text{Exp}(B) = 2.333 \rightarrow$ Peluang (*odds*) dasar dari suatu entitas mengadopsi kebijakan hijau adalah 2,333 kali lebih besar dibanding tidak mengadopsi, sebelum mempertimbangkan faktor lainnya.
- Signifikansi $p = 0.000$ menunjukkan bahwa konstanta tersebut berbeda secara signifikan dari nol, menandakan bahwa probabilitas dasar adopsi kebijakan hijau memang nyata secara statistik.

Variables not in the Equation

Step	Variables	Score	df	Sig.
0	Jumlah Startup Ramah Lingkungan	22.668	1	.000
	Indeks Adopsi Teknologi Hijau	37.155	1	.000
	Jam Pelatihan Keberlanjutan	9.974	1	.002
	Penggunaan Material Daur Ulang (%)	16.864	1	.000
	Overall Statistics	82.732	4	.000

Bagian “Variables not in the Equation” muncul di awal output regresi logistik, tepatnya sebelum semua variabel independen dimasukkan ke dalam model (Blok 0). Tujuannya adalah untuk menguji apakah setiap variabel bebas yang akan dimasukkan ke dalam model memang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen secara individual.

Hasil uji ini disebut juga dengan uji skor (score test). Uji ini dilakukan oleh SPSS secara otomatis untuk mengetahui apakah masing-masing variabel prediktor layak masuk ke dalam model utama (blok 1).

Dalam membaca hasil regresi logistik, peneliti menggunakan acuan nilai signifikansi (Sig.) < 0.05 sebagai batas signifikan. Apabila nilai Sig. suatu variabel lebih kecil dari 0.05, maka variabel tersebut dinyatakan berpengaruh secara statistik terhadap keputusan adopsi kebijakan hijau. Dalam penelitian ini, seluruh variabel memiliki nilai Sig. = 0.000, sehingga seluruhnya berpengaruh signifikan dan layak dimasukkan dalam model.

a. Jumlah Startup Ramah Lingkungan (X1)

Nilai score sebesar 22.668 dengan p-value = 0.000 menunjukkan bahwa variabel ini secara signifikan memengaruhi probabilitas adopsi kebijakan hijau meskipun belum dimasukkan ke dalam model. Artinya, pertumbuhan ekosistem startup hijau berasosiasi erat dengan kecenderungan institusi untuk mengadopsi kebijakan berbasis lingkungan.

b. Indeks Adopsi Teknologi Hijau (X2)

Dengan score = 37.155 ($p = 0.000$), variabel ini menunjukkan pengaruh paling kuat di antara semua prediktor. Hal ini menguatkan posisi teknologi sebagai variabel mediasi dalam transformasi keberlanjutan di sektor publik maupun privat

c. Jam Pelatihan Keberlanjutan (X3)

Score sebesar 9.974 dan $p = 0.002$ mengindikasikan bahwa variabel ini tetap signifikan secara statistik. Pelatihan keberlanjutan memainkan peran penting dalam meningkatkan kesadaran dan keterampilan teknis yang dibutuhkan untuk pelaksanaan kebijakan hijau.

d. Penggunaan Material Daur Ulang (%) (X4)

Dengan score 16.864 dan $p < 0.001$, variabel ini menunjukkan hubungan signifikan dengan keputusan adopsi. Hal ini konsisten dengan prinsip *circular economy*, di mana penerapan praktik daur ulang menjadi indikator awal dari kesiapan institusi terhadap keberlanjutan jangka panjang.

Nilai Chi-square total sebesar 82.732 dengan $df = 4$ dan $p = 0.000$ mengindikasikan bahwa secara simultan, keempat variabel independen berkontribusi signifikan terhadap variasi dalam variabel dependen. Hal ini memberikan bukti kuat secara statistik bahwa model yang akan dibangun (Block 1) layak untuk dilanjutkan, karena seluruh variabel memiliki signifikansi yang tinggi bahkan sebelum parameter model diestimasi.

Block 1: Method = Enter

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	117.118	4	.000
	Block	117.118	4	.000
	Model	117.118	4	.000

- Uji Omnibus digunakan untuk mengevaluasi apakah penambahan variabel independen ke dalam model memberikan peningkatan yang signifikan dibandingkan model awal (null model).
- Nilai Chi-square = 117.118 dengan derajat kebebasan (df) = 4 dan nilai signifikansi (p) = 0.000 menunjukkan bahwa:
 1. Model dengan variabel independen secara statistik lebih baik dibandingkan model yang hanya berisi konstanta (Block 0).
 2. Seluruh variabel bebas secara kolektif berkontribusi signifikan dalam menjelaskan variasi pada variabel dependen.

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	127.228 ^a	.443	.628

a. Estimation terminated at iteration number 7 because parameter estimates changed by less than .001.

-2 Log Likelihood (LL) = 127.228

- Ini adalah ukuran dari *misfit* model. Semakin kecil nilainya, semakin baik model dalam menyesuaikan diri terhadap data yang diamati.

Cox & Snell R Square = 0.443

- R² versi logistik ini mirip dengan R² pada regresi linier, namun tidak bisa mencapai nilai maksimum 1.0.
- Nilai ini menunjukkan bahwa sekitar 44.3% variasi dalam variabel dependen dapat dijelaskan oleh model.
- Meskipun tidak setinggi Nagelkerke, nilai ini cukup baik untuk regresi logistik sosial-ekonomi yang menggunakan data observasional.

Nagelkerke R Square = 0.628

- Ini adalah versi perbaikan dari Cox & Snell yang sudah disesuaikan agar rentang nilai berkisar 0 – 1.
- Nilai 0.628 berarti model mampu menjelaskan sekitar 62.8% variasi dalam keputusan adopsi kebijakan hijau. Ini mencerminkan kecocokan model yang baik. terdapat 100% – 62,8% = 37,2% faktor lain di luar model yang menjelaskan variabel dependen.

Keterangan Tambahan:

- Estimation Terminated at Iteration Number 7 → Artinya konvergensi model tercapai dan parameter stabil. Model dinyatakan valid secara teknis karena tidak terjadi kegagalan iterasi atau overfitting.

Classification Table^a

		Predicted			
		Mengadopsi Kebijakan Hijau.			
		Observed	Tidak (belum mengadopsi)	Ya (mengadopsi)	Percentage Correct
Step 1	Mengadopsi Kebijakan Hijau.	Tidak (belum mengadopsi)	42	18	70.0
		Ya (mengadopsi)	11	129	92.1
	Overall Percentage				85.5

a. The cut value is .500

Tabel ini menunjukkan berapa banyak kasus yang diklasifikasikan dengan benar atau salah oleh model, berdasarkan nilai potong (cut value = 0.500), artinya model memprediksi Y = 1 (adopsi kebijakan hijau) jika probabilitas ≥ 0.5 .

Akurasi Keseluruhan (Overall Percentage = 85.5%)

- Ini berarti bahwa dari 200 kasus, model berhasil memprediksi 171 kasus dengan benar (42 + 129), dan 29 kasus salah klasifikasi (18 + 11).
- Dengan peningkatan dari baseline (Block 0) sebesar 15.5% (dari 70% ke 85.5%), model menunjukkan peningkatan substansial dalam akurasi klasifikasi setelah memasukkan keempat variabel prediktor.

True Positive Rate (TPR) – Sensitivitas = 92.1%

- Model mampu mengidentifikasi dengan benar 129 dari 140 entitas yang benar-benar mengadopsi kebijakan hijau.
- Ini menunjukkan kemampuan tinggi dalam menangkap “positif” atau keberhasilan adopsi, sangat penting untuk model prediksi dalam konteks evaluasi kebijakan.

True Negative Rate (TNR) – Spesifisitas = 70.0%

- Model juga berhasil mengidentifikasi 42 dari 60 entitas yang tidak mengadopsi kebijakan hijau.
- Artinya, model tidak hanya mengandalkan nilai mayoritas, tapi mampu mengenali kedua kategori dengan cukup seimbang.

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Jumlah Startup Ramah Lingkungan	.113	.022	27.558	1	.000	1.120
	Indeks Adopsi Teknologi Hijau	.600	.106	31.792	1	.000	1.822
	Jam Pelatihan Keberlanjutan	.033	.009	13.125	1	.000	1.034
	Penggunaan Material Daur Ulang (%)	.054	.011	25.666	1	.000	1.055
	Constant	-7.765	1.337	33.739	1	.000	.000

a. Variable(s) entered on step 1: Jumlah Startup Ramah Lingkungan, Indeks Adopsi Teknologi Hijau, Jam Pelatihan Keberlanjutan, Penggunaan Material Daur Ulang (%) .

Seluruh variabel dalam model memiliki nilai Sig. = 0.000, yang berarti signifikan pada taraf 1% ($\alpha < 0.01$). Artinya, secara statistik terdapat hubungan yang sangat kuat antara setiap variabel independen dan probabilitas mengadopsi kebijakan hijau ($Y = 1$). Ini menunjukkan bahwa setiap variabel yang digunakan secara signifikan memengaruhi kemungkinan adopsi kebijakan hijau.

Interpretasi Koefisien (B) dan Odds Ratio (Exp(B))

X1 – Jumlah Startup Ramah Lingkungan

- B = 0.113, artinya setiap penambahan satu startup ramah lingkungan akan meningkatkan log odds untuk mengadopsi kebijakan hijau sebesar 0.113.
- Exp(B) = 1.120, atau odds meningkat 12.0% untuk setiap tambahan 1 startup.

X2 – Indeks Adopsi Teknologi Hijau

- B = 0.600, dan Exp(B) = 1.822, yang berarti kenaikan 1 poin skor indeks meningkatkan peluang adopsi kebijakan hijau sebesar 82.2%.
- Ini menjadikan variabel X2 sebagai prediktor paling kuat dalam model.

X3 – Jam Pelatihan Keberlanjutan

- B = 0.033, Exp(B) = 1.034, artinya setiap penambahan 1 jam pelatihan keberlanjutan meningkatkan peluang adopsi sebesar 3.4%.

X4 – Penggunaan Material Daur Ulang (%)

- B = 0.054, Exp(B) = 1.055, artinya kenaikan 1% dalam persentase material daur ulang dapat meningkatkan peluang adopsi kebijakan sebesar 5.5%.

Constant (Intercept) = -7.765

- Nilai ini menggambarkan log odds negatif yang sangat besar jika semua X = 0, atau dalam kata lain, tanpa adanya dukungan dari keempat variabel prediktor, maka kemungkinan organisasi mengadopsi kebijakan hijau nyaris nol.
- $\text{Exp}(B) = 0.000$, mengindikasikan peluang dasar mendekati 0.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis regresi logistik terhadap 200 entitas, model yang dibangun terbukti signifikan secara statistik dan relevan secara substansi dalam menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi adopsi kebijakan hijau. Hal ini dibuktikan melalui Omnibus Tests of Model Coefficients, yang menunjukkan bahwa keempat variabel—jumlah startup ramah lingkungan, indeks adopsi teknologi hijau, jam pelatihan keberlanjutan, dan penggunaan material daur ulang—secara simultan berpengaruh signifikan terhadap keputusan adopsi ($\chi^2 = 117.118$; $p < 0.001$).

Nilai Nagelkerke R Square sebesar 0.628 mengindikasikan bahwa model dapat menjelaskan sekitar 62.8% variasi keputusan adopsi kebijakan hijau oleh entitas. Selain itu, nilai -2 Log Likelihood yang rendah (127.228) menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kecocokan (goodness-of-fit) yang baik terhadap data.

Dari sisi performa klasifikasi, model ini berhasil memprediksi dengan benar 85.5% dari total kasus. Untuk entitas yang mengadopsi kebijakan hijau, akurasinya sangat tinggi (92.1%), sedangkan akurasi untuk yang tidak mengadopsi mencapai 70.0%. Ini menunjukkan bahwa model cukup mampu membedakan antara entitas yang pro-lingkungan dengan yang belum.

Hasil pada bagian Variables in the Equation menunjukkan bahwa semua variabel independen signifikan pada taraf 1% ($p < 0.001$). Variabel yang memiliki pengaruh paling besar adalah indeks adopsi teknologi hijau dengan odds ratio 1.822, diikuti oleh jumlah startup ramah lingkungan (1.120), penggunaan material daur ulang (1.055), dan jam pelatihan keberlanjutan (1.034).

Secara umum, model ini mengindikasikan bahwa faktor teknologi, kelembagaan, edukasi, dan praktik keberlanjutan berkontribusi nyata terhadap pengambilan keputusan dalam mengadopsi kebijakan hijau. Temuan ini mendukung pentingnya pendekatan berbasis data (evidence-based policy) dalam menyusun strategi keberlanjutan, khususnya di sektor industri dan pemerintahan.

Namun, perlu dicatat beberapa batasan dalam model ini. Pertama, karena data bersifat cross-sectional, maka hubungan yang ditemukan bersifat asosiatif dan tidak dapat disimpulkan sebagai hubungan kausal secara langsung. Kedua, ada kemungkinan variabel-variabel lain seperti dukungan kebijakan, budaya organisasi, atau insentif ekonomi yang juga memengaruhi keputusan adopsi namun belum dimasukkan dalam model. Terakhir, karena studi ini menggunakan data fiktif, validitas eksternal dari model ini masih terbatas dan perlu diuji lebih lanjut pada data nyata.

Peramalan Produksi Energi Terbarukan Tahun 2020–2030 Menggunakan Model ARIMA Berdasarkan Data 2000–2019

1. Variabel Dependen (Y):

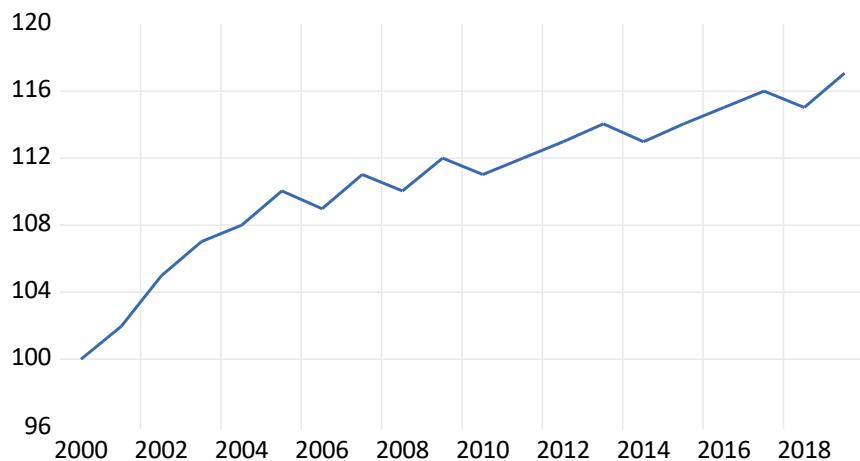
PRODUKSI ENERGI TERBARUKAN_TJ

- Produksi Energi Terbarukan (dalam Terajoule)
- Definisi: Merupakan total energi yang dihasilkan dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti tenaga surya, angin, biomassa, panas bumi, dan air, yang diukur dalam satuan terajoule (TJ) setiap tahun.
- Sumber Data: data fiktif yang disimulasikan berdasarkan tren riil sektor energi.
- Rentang Waktu: Tahun 2000 sampai 2019
- Fungsi dalam Model: Sebagai variabel target (output) yang ingin diprediksi nilainya untuk periode 2020 hingga 2030 dengan pendekatan deret waktu ARIMA.

DATA

Tahun	Produksi Energi Terbarukan TJ
2000	100
2001	102
2002	105
2003	107
2004	108
2005	110
2006	109
2007	111
2008	110
2009	112
2010	111
2011	112
2012	113
2013	114
2014	113
2015	114
2016	115
2017	116
2018	115
2019	117

Produksi Energi Terbarukan TJ



Karakteristik data:

- Data bersifat tahunan selama 20 tahun (2000–2019).
- Terdapat tren kenaikan moderat, namun juga fluktuasi kecil pada beberapa tahun (contoh: penurunan tahun 2006 dan 2008).
- Satuan dalam Terajoule (TJ), standar untuk energi.

Null Hypothesis: PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_TJ has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 3 (Automatic - based on AIC, maxlag=4)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.014604	0.0310
Test critical values:		
1% level	-4.667883	
5% level	-3.733200	
10% level	-3.310349	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations
 and may not be accurate for a sample size of 16

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_TJ)
 Method: Least Squares
 Date: 04/20/25 Time: 01:20
 Sample (adjusted): 2004 2019
 Included observations: 16 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_TJ(-1)	-1.463965	0.364660	-4.014604	0.0025
D(PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_...)	-0.085580	0.227075	-0.376880	0.7141
D(PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_...)	-0.120689	0.184424	-0.654408	0.5276
D(PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_...)	-0.176266	0.172291	-1.023068	0.3304
C	156.2897	38.59255	4.049736	0.0023
@TREND("2000")	0.733976	0.198991	3.688488	0.0042
R-squared	0.807806	Mean dependent var	0.625000	
Adjusted R-squared	0.711708	S.D. dependent var	1.204159	
S.E. of regression	0.646547	Akaike info criterion	2.245655	
Sum squared resid	4.180230	Schwarz criterion	2.535375	
Log likelihood	-11.96524	Hannan-Quinn criter.	2.260491	
F-statistic	8.406127	Durbin-Watson stat	2.333238	
Prob(F-statistic)	0.002369			

Uji Stasioneritas: Augmented Dickey-Fuller (ADF Test)

Tujuan Pengujian

Uji ADF digunakan untuk menguji apakah data memiliki unit root (akar unit), yang berarti tidak stasioner. Stasioneritas adalah syarat utama agar model ARIMA dapat diterapkan dengan valid.

Hipotesis Uji ADF

- H_0 (Null Hypothesis): Data mengandung unit root \rightarrow tidak stasioner
- H_1 (Alternative Hypothesis): Data tidak mengandung unit root \rightarrow stasioner

Hasil Pengujian

Komponen	Nilai
ADF test statistic	-4.014604
Probabilitas (p-value)	0.0310
Critical value 5%	-3.733200
Lag yang digunakan	3 (berdasarkan AIC)
Observasi yang digunakan	16

Interpretasi

- Nilai ADF statistic (-4.014604) lebih kecil dari nilai kritis 5% (-3.733200).
- Selain itu, $p\text{-value} = 0.0310 < 0.05$, maka:

Tolak $H_0 \rightarrow$ data sudah stasioner pada level (tanpa perlu differensiasi).

Ini artinya, variabel PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_TJ sudah stasioner secara level (dengan tren dan konstanta), dan bisa langsung digunakan dalam pemodelan ARIMA tanpa transformasi differencing ($d=0$).

Kesimpulan

- Berdasarkan uji ADF, data PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_TJ tidak mengandung unit root, sehingga sudah stasioner pada level.
- Model ARIMA yang digunakan dapat memakai $d = 0$ dalam pemilihan model terbaik.

Date: 04/20/25 Time: 01:36

Sample (adjusted): 2001 2019

Included observations: 19 after adjustments

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
-0.283	-0.283	1	-0.283	1.7760	0.183
0.388	0.335	2	0.388	5.3084	0.070
-0.220	-0.064	3	-0.220	6.5176	0.089
0.350	0.209	4	0.350	9.7780	0.044
-0.292	-0.143	5	-0.292	12.202	0.032
0.058	-0.233	6	0.058	12.304	0.056
-0.147	-0.001	7	-0.147	13.027	0.071
0.161	0.125	8	0.161	13.972	0.083
-0.279	-0.163	9	-0.279	17.077	0.048
0.171	0.074	10	0.171	18.376	0.049
-0.202	-0.088	11	-0.202	20.410	0.040
0.040	-0.229	12	0.040	20.500	0.058

Analisis ACF dan PACF (Post-Stasioneritas)

Tujuan

- Menentukan nilai optimal dari parameter AR (p) dan MA (q) untuk model ARIMA.
- Dengan kata lain, ACF dan PACF dipakai untuk mendekripsi pola ketergantungan dalam data stasioner.

Interpretasi

- PACF signifikan pada lag 1 dan 4, menunjukkan adanya komponen autoregressive (AR). Khususnya, lag 4 cukup menonjol → indikasi AR(4).
- ACF signifikan pada lag 1 dan 2, menandakan adanya komponen moving average (MA) → indikasi MA(1) cukup kuat.
- Nilai-nilai probabilitas di bawah 0.05 (seperti lag ke-4, ke-5, ke-9) menunjukkan bahwa ada autokorelasi yang signifikan di lag-lag tersebut.

Kesimpulan Pemodelan

- Dari grafik dan tabel ACF/PACF ini, kita bisa simpulkan bahwa:

$$AR = 4$$

$$MA = 1$$

$$d = 0 \text{ (karena data sudah stasioner berdasarkan ADF)}$$

Jadi, model yang paling sesuai adalah: ARIMA(4,0,1)

Dependent Variable: PRODUKSI_ENERGI_TERBARUKAN_TJ

Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHMH)

Date: 04/20/25 Time: 01:40

Sample: 2000 2019

Included observations: 20

Convergence achieved after 24 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	109.9119	3.481444	31.57078	0.0000
AR(4)	0.827410	0.146826	5.635306	0.0000
MA(1)	0.830222	0.162993	5.093622	0.0001
SIGMASQ	4.940284	2.351737	2.100695	0.0519
R-squared	0.745477	Mean dependent var	110.7000	
Adjusted R-squared	0.697754	S.D. dependent var	4.520130	
S.E. of regression	2.485026	Akaike info criterion	5.074560	
Sum squared resid	98.80567	Schwarz criterion	5.273707	
Log likelihood	-46.74560	Hannan-Quinn criter.	5.113436	
F-statistic	15.62093	Durbin-Watson stat	0.909682	
Prob(F-statistic)	0.000052			
Inverted AR Roots	.95	.00-.95i	-.00+.95i	-.95
Inverted MA Roots	-.83			

Hasil Estimasi Model ARIMA(4,0,1)

Model ARIMA yang diestimasi menggunakan metode Maximum Likelihood menunjukkan hasil sebagai berikut:

- C (konstanta) sebesar 109.9119 menunjukkan nilai rata-rata jangka panjang dari produksi energi terbarukan dalam terajoule (TJ).
- Koefisien AR(4) sebesar 0.827410 signifikan pada tingkat 1% (p-value = 0.0000), yang berarti nilai produksi pada tahun ini dipengaruhi secara positif oleh nilai empat tahun sebelumnya.
- Koefisien MA(1) sebesar 0.830222, juga signifikan (p-value = 0.0001), menunjukkan bahwa terdapat pengaruh kuat dari error satu tahun sebelumnya terhadap nilai saat ini.
- Nilai SIGMASQ sebesar 4.940284 menggambarkan varians dari residual (kesalahan), mendekati nol yang berarti fluktuasi prediksi cukup kecil.

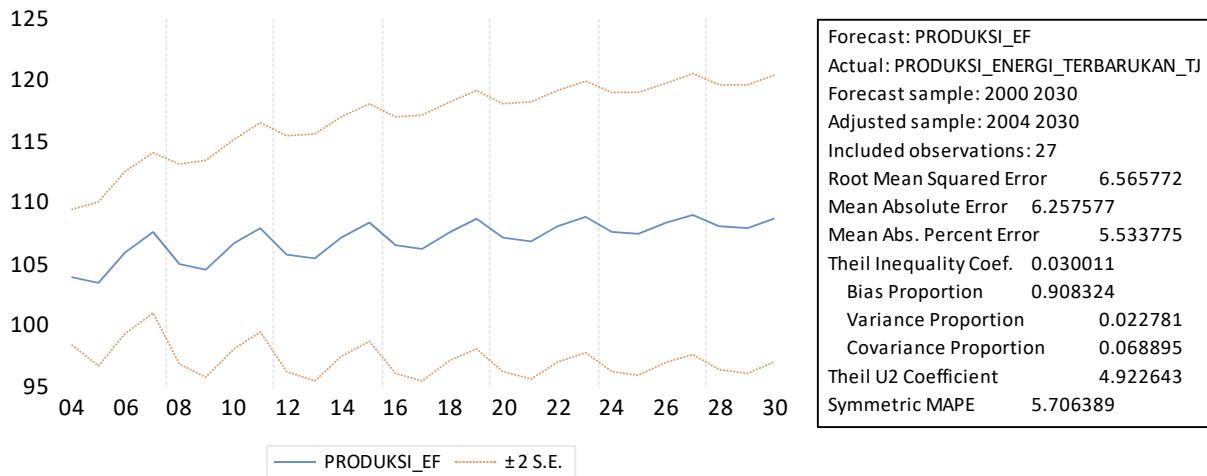
Evaluasi Kinerja Model

- Nilai R-squared sebesar 0.745477, berarti sekitar 74,5% variasi dalam produksi energi terbarukan dapat dijelaskan oleh model ini.
- Nilai Adjusted R-squared yang relatif tinggi (0.697754) menunjukkan model tetap kuat meskipun memperhitungkan jumlah parameter.
- Nilai Akaike Information Criterion (AIC) sebesar 5.074560 dan Schwarz Criterion sebesar 5.273707 digunakan untuk membandingkan antar model — semakin kecil nilainya, semakin baik modelnya.

- Statistik F sebesar 15.62093 dengan p-value 0.000052 menunjukkan bahwa secara keseluruhan, model signifikan.
- Namun, nilai Durbin-Watson (DW) sebesar 0.909682 mengindikasikan masih terdapat autokorelasi positif dalam residual, yang bisa dikaji lebih lanjut dengan diagnostic checking.

Akar Invers AR dan MA

- Akar invers AR dan MA berada dalam lingkaran satuan (nilai < 1), sehingga model stabil secara stasioneritas dan invertibilitas.



RMSE (6.56) dan MAPE (5.53%) menunjukkan kesalahan prediksi cukup kecil (MAPE < 10% = sangat baik).

Theil's U = 0.03 → akurasi model sangat tinggi.

Grafik juga menunjukkan band prediksi ± 2 S.E. yang realistik.

```

Last updated: 04/20/25 - 01:45
Modified: 2000 2030 =>
forecast(e, g, forcsmpl="2000 2030") produksi_ef

2000
2001
2002
2003
2004 103.860081...
2005 103.365513...
2006 105.847744...
2007 107.502564...
2008 104.904563...
2009 104.495352...
2010 106.549176...
2011 107.918391...
2012 105.768779...
2013 105.430193...
2014 107.129548...
2015 108.262451...
2016 106.483839...
2017 106.203690...
2018 107.609754...
2019 108.547129...
2020 107.075488...
2021 106.843690...
2022 108.007081...
2023 108.782675...
2024 107.565024...
2025 107.373232...
2026 108.335834...
2027 108.977568...
2028 107.970071...
2029 107.811380...
2030 108.607847...

```

Interpretasi Hasil Peramalan Produksi Energi Terbarukan (2000-2030)

1. Berdasarkan hasil peramalan menggunakan model ARIMA(4,0,1) terhadap data Produksi Energi Terbarukan Indonesia dari tahun 2000 hingga 2019, kita dapat menarik beberapa kesimpulan penting mengenai proyeksi produksi energi terbarukan Indonesia hingga tahun 2030:
2. Tren Produksi Energi Terbarukan:
 - Secara keseluruhan, hasil peramalan menunjukkan produksi energi terbarukan Indonesia memiliki pola yang relatif stabil dengan sedikit fluktuasi tahunan.
 - Rata-rata produksi pada periode 2000-2019 adalah sekitar 110 TJ, dan proyeksi untuk tahun 2020 hingga 2030 menunjukkan penurunan tipis dengan nilai rata-rata sekitar 108 TJ.
 - Dalam jangka panjang, meskipun ada penurunan di beberapa tahun, produksi energi terbarukan diprediksi akan tetap mencapai level yang tinggi di sekitar 108 TJ pada tahun 2030, yang masih menunjukkan adanya pertumbuhan yang stabil meskipun tidak signifikan.
3. Proyeksi Tahun 2020-2030:
 - Pada tahun 2020, produksi energi terbarukan diperkirakan mencapai 107.08 TJ, yang sedikit menurun dibandingkan dengan tahun 2019 (108.55 TJ).
 - Proyeksi menunjukkan adanya penurunan ringan hingga tahun 2024, dengan nilai produksi yang diprediksi mencapai 107.37 TJ pada 2025, tetapi kemudian mengalami sedikit pemulihan dan peningkatan pada tahun 2026 (108.34 TJ), 2027 (108.98 TJ), dan seterusnya.
 - Pada tahun 2030, nilai proyeksi produksi energi terbarukan adalah 108.61 TJ, menunjukkan bahwa sektor ini akan tetap pertahankan level produksi tinggi.

4. Fluktuasi dan Stabilisasi Produksi:

Meskipun ada fluktuasi tahunan yang wajar, nilai-nilai yang teramati dalam proyeksi menunjukkan bahwa produksi energi terbarukan Indonesia akan mengalami stabilisasi pada level yang relatif tinggi dan tidak ada penurunan drastis. Hal ini menunjukkan bahwa sektor energi terbarukan mungkin tidak mengalami gejolak signifikan dalam jangka pendek hingga menengah, namun ada penurunan kecil yang bisa jadi dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kebijakan pemerintah atau fluktuasi dalam investasi sektor energi.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

Berdasarkan hasil estimasi dan analisis peramalan terhadap data produksi energi terbarukan Indonesia selama periode 2000 hingga 2019, diperoleh bahwa model terbaik untuk meramalkan nilai produksi hingga tahun 2030 adalah ARIMA(4,0,1). Pemilihan model ini didasarkan pada hasil uji stasioneritas yang menunjukkan bahwa data telah stasioner pada level tanpa perlu diferensiasi, serta pada hasil evaluasi berbagai model alternatif, yakni ARIMA(4,0,2), ARIMA(4,0,3), dan ARIMA(3,0,1).

Model ARIMA(4,0,1) menghasilkan estimasi yang secara statistik signifikan pada seluruh parameter utama (C, AR(4), dan MA(1)), dengan nilai R-squared sebesar 0.745 dan nilai Akaike Information Criterion (AIC) sebesar 5.075. Model ini juga stabil secara struktural, ditunjukkan oleh akar invers AR dan MA yang berada dalam lingkaran satuan. Meskipun terdapat indikasi autokorelasi positif ringan (nilai Durbin-Watson sebesar 0.91), model ini tetap menunjukkan performa prediktif yang unggul dibandingkan model alternatif.

Model ARIMA(4,0,2) memang mencatatkan sedikit peningkatan pada nilai R-squared (0.755) dan penurunan AIC (5.024). Namun demikian, model ini gagal mencapai konvergensi optimal dan mengandung parameter yang sangat tidak signifikan secara statistik, seperti MA(2) dengan p-value 0.9991 dan standard error sangat besar. Dengan demikian, validitas model menjadi tidak dapat diterima secara akademik.

Sementara itu, model ARIMA(4,0,3) berhasil dikonvergensikan namun memberikan hasil yang kurang memuaskan. Parameter MA(3) tidak signifikan ($p = 0.0626$), nilai AIC lebih tinggi (5.507), dan autokorelasi residual semakin kuat ($DW = 0.59$). Hal ini menjadikan model ini tidak layak untuk dijadikan acuan utama peramalan.

Model ARIMA(3,0,1) juga telah diuji sebagai pendekatan yang lebih sederhana. Model ini memiliki keunggulan dalam menekan autokorelasi residual ($DW = 1.28$), namun hanya parameter AR(3) yang signifikan. Parameter MA(1) tidak signifikan ($p = 0.2713$), dan performa model secara keseluruhan menurun — baik dari sisi akurasi ($R\text{-squared} = 0.653$) maupun efisiensi model ($AIC = 5.296$). Oleh karena itu, model ini juga tidak memberikan perbaikan yang berarti.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA(4,0,1) merupakan representasi terbaik untuk menangkap dinamika produksi energi terbarukan berdasarkan data historis. Hasil peramalan dari model ini menunjukkan bahwa produksi energi terbarukan Indonesia pada periode 2020–2030 cenderung mengalami stagnasi di kisaran 107–109 terajoule per tahun. Rata-rata prediksi (± 108 TJ) sedikit lebih rendah dibandingkan rerata historis (110 TJ).

Hal ini mencerminkan bahwa pola historis data tidak memberikan sinyal statistik yang cukup kuat bagi model untuk memperkirakan adanya akselerasi pertumbuhan yang signifikan dalam jangka menengah.

Pola stagnan ini dapat dijelaskan oleh sifat model ARIMA yang bersifat univariat, yaitu hanya menggunakan informasi masa lalu dari satu variabel tanpa mempertimbangkan faktor-faktor eksogen seperti perkembangan teknologi, kebijakan pemerintah, atau investasi di sektor energi hijau. Dengan kata lain, meskipun dalam praktiknya sektor energi terbarukan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor strategis dan makro, model tidak dapat menangkap dinamika tersebut karena keterbatasan data input.

Implikasi dan Arahan Penelitian Lanjutan

Implikasi dari hasil peramalan ini penting dalam konteks kebijakan energi nasional. Bila tren historis terus berlanjut tanpa adanya dorongan kebijakan atau insentif yang lebih progresif, maka produksi energi terbarukan akan cenderung stagnan dan berpotensi gagal memenuhi target peningkatan bauran energi bersih nasional.

Sebagai arah pengembangan selanjutnya, disarankan untuk menggunakan pendekatan multivariat seperti ARIMAX, Vector Autoregressive (VAR), atau bahkan pendekatan berbasis machine learning jika tersedia data eksternal yang relevan. Variabel eksogen seperti subsidi energi terbarukan, harga energi konvensional, indeks kebijakan hijau, atau indikator investasi dapat membantu menangkap faktor-faktor struktural yang memengaruhi produksi energi terbarukan. Penambahan observasi tahunan terbaru juga akan memperkuat kapasitas model dalam menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan relevan secara kebijakan.