

Model Produksi Batubara di Indonesia

^{1*}Dara Puspita Anggraeni, ²Dwi Noorma Putri

¹Matematika, FMIPA, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram

²Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram

Email: darapuspita.anggraeni@unwmataram.ac.id

Abstract

*The purpose of this research is to model the production of coals in Indonesia. The model used in this research is multiple linear regression. The independent variables in this model are the time(w) and the export(eb), while the dependent variable is the production of coals in Indonesia. The data used is the national export and production in 2012 until 2019. The best model obtained is $prod_i = -4,475 * 10^{10} + 2,216 * 10^7 * w_i + 1,649 * eb_i + \varepsilon_i$. This model has a MAPE of 5,27%. In this model time and export has explained 71,72 % the independent variable that took effect from the production of coals in Indonesia.*

Keywords: production; expor; coal; multiple linear regression

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan produksi batubara di Indonesia. Model yang digunakan adalah regresi linear berganda. Variabel independen pada model ini adalah waktu (w) dan ekspor (eb), sedangkan variabel dependennya adalah produksi batubara di Indonesia. Data yang digunakan adalah ekspor dan produksi nasional di tahun 2012 hingga tahun 2019. Model terbaik yang diperoleh adalah $prod_i = -4,475 * 10^{10} + 2,216 * 10^7 * w_i + 1,649 * eb_i + \varepsilon_i$. Model ini memiliki MAPE sebesar 5,27%. Pada model ini, variabel waktu dan ekspor telah menjelaskan 71,72 % variabel independen yang berpengaruh pada produksi batubara di Indonesia.

Kata kunci: produksi; ekspor; batubara; regresi linear berganda

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu komoditi perdagangan di Indonesia yang dipasarkan baik di dalam maupun ke luar negeri (Indonesia-Investments, 2020). Batubara merupakan batuan sedimen yang mudah terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tanaman dalam variasi tingkat pengawetan, diikat oleh proses kompaksi dan terkubur dalam cekungan-cekungan pada kedalaman yang bervariasi, dari dangkal sampai dalam (Hower, 1963). Batubara berbentuk benda padat yang kompleks, terdiri dari bermacam-macam unsur kimia atau merupakan benda padat organik yang sangat rumit (James et al., 2017).

Batubara - bahan bakar fosil - adalah sumber energi terpenting untuk pembangkitan listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen. Namun demikian, batubara juga memiliki karakter negatif yaitu disebut sebagai sumber energi yang paling banyak menimbulkan polusi akibat tingginya kandungan karbon. Sumber energi penting lain, seperti gas alam, memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga

di pasar dunia. Dengan demikian, semakin banyak industri di dunia yang mulai mengalihkan fokus energi mereka ke batubara (Indonesia-Investments, 2020).

Indonesia menjadi penghasil batubara semenjak 160 tahun yang lalu (Friederich & van Leeuwen, 2017). Indonesia menjadi penghasil batu bara terbesar di dunia eksportir pada tahun 2005 (Lucarelli, 2015) dan terus berusaha mempertahankan posisinya hingga tahun 2013 dengan memasok 38% dari ekspor batubara global dan setengah dari permintaan impor batubara di Asia (Cornot-Gandolphe, 2017). Negara ini tercatat bukanlah lima besar negara dengan cadangan terbesar tapi mampu menjadi negara penghasil terbesar ke-3 di dunia (Asmarini, 2021). Ekspor kini didominasi oleh penjualan ke India dan China (BPS, 2021), sedangkan sebelum 2005 pasar utamanya adalah Jepang, Korea dan Taiwan.

Salah satu cara menjaga kestabilan harga batubara diantaranya dengan memprediksi besar produksi batubara (Prakoso & Hartati, 2018). Salah satu faktor yang mempengaruhi produksi batubara di Indonesia adalah jumlah ekspor (Susanto & Admi, 2021), terutama ke negara China dan India yang tercatat selama beberapa tahun terakhir sebagai negara pengimpor batubara terbesar (Cornot-Gandolphe, 2017).

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *time series* dari ekspor dan produksi batubara, namun demikian penggunaan model *time series* yang menjelaskan hubungan variabel independen dengan variabel dependen seperti model ARIMAX (Anggraeni et al., 2015), model ECM (Apergis & Payne, 2010) dan model ARDL (Belloumi, 2014) tidak memungkinkan dikarenakan keterbatasan jumlah data, sehingga regresi linear berganda dirasa lebih tepat untuk digunakan. Regresi linear mampu memodelkan produksi batubara di Indonesia dengan jumlah data yang terbatas dengan waktu dan ekspor sebagai variabel independen pada model (Ayuni & Fitriana, 2019).

METODE

1. Variabel Dependen dan Variabel Independen

Langkah awal sebelum membangun model regresi linear berganda adalah menentukan variabel dependen dan independen pada model. Variabel independen; sesuai namanya, berdiri sendiri. Nilai tidak berubah karena pengaruh variabel lain. Peneliti memanipulasi atau mengubah variabel bebas untuk mengukur dampaknya terhadap variabel lain. Variabel independen dalam beberapa kasus sudah bisa ada seperti usia, tetapi tidak tergantung pada variabel lain, sedangkan variabel dependen adalah variabel yang tergantung pada variabel lain. Ini adalah variabel yang sedang diuji dalam percobaan. Seorang peneliti mengukur hasil percobaan untuk melihat bagaimana variabel lain menyebabkan perubahan nilai variabel terikat dependen (Voxco, 2021).

2. Membangun Model dan Seleksi Variabel Independen yang Signifikan

Penentuan variabel dependen dan independen kemudian dilanjutkan dengan membangun model. Pada penelitian ini model yang dicobakan adalah model:

$$prod_i = \beta_0 + \beta_1 * w_i + \beta_2 * eb_i, i = 1, 2, \dots, n$$

dimana *prod* adalah produksi batubara di Indonesia, *w* adalah waktu dan *eb* merupakan ekspor batubara Indonesia.

Variabel dependen pada model regresi linear berganda ini adalah produksi batubara dengan dua variabel independen yaitu waktu dan ekspor batubara. Model yang telah dibangun akan dicek tingkat signifikansinya baik uji kelayakan model (uji F) maupun uji parsial signifikansi tiap parameter (β_0 , β_1 dan β_2) dengan uji t. Uji kelayakan dimaksudkan untuk mengetahui apakah model secara keseluruhan layak digunakan sedangkan uji parsial dimaksudkan untuk menyeleksi variabel yang signifikan sehingga tetap bisa atau tidak untuk dimasukkan dalam model (Yuliara, 2016).

3. Pengecekan Diagnostik (Uji Asumsi Klasik)

Uji asumsi klasik terdiri dari empat uji yakni uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas galat, uji autokorelasi dari galat dan uji normalitas dari galat (Rosadi, 2011).

a. Uji Multikolinearitas

Dalam model regresi diasumsikan tidak memuat hubungan depedensi linear antarvariabel independen. Jika terjadi korelasi yang kuat di antara variable independen, masalah multikolinearitas akan muncul. Jika terjadi kolinearitas, hasil estimasi dari koefisien menjadi tidak valid.

Uji Multikolinearitas ini secara singkat dapat dinyatakan dengan hipotesis berikut.

H_0 : Tidak terjadi multikolinearitas dalam model

H_1 : Terjadi multikolinearitas dalam model

Salah satu ukuran yang paling populer untuk melihat adanya multikolinearitas antarvariabel antarvariabel independen adalah *Variance Inflation Factor* (VIF) atau *tolerance/TOL* ($1/VIF$). Regresi yang bebas multikolinearitas memiliki VIF di sekitar satu atau TOL mendekati satu. Untuk suatu variabel independen, nilai $VIF > 10$ berarti terjadi kolinearitas yang kuat antarvariabel independen (Rosadi, 2011).

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (1)$$

(James et al., 2017).

Keterangan:

VIF : *Variance Inflation Factor*

R_j^2 : koefisien determinasi dari model dimana salah satu variabel bebas dijadikan variabel terikat

b. Uji Heteroskedastisitas Galat

Uji ini bertujuan untuk menganalisis apakah variansi galat bersifat tetap/konstan (homoskedastisitas) atau berubah-ubah (heteroskedastisitas). Deteksi adanya heteroskedastisitas dapat dilakukan secara grafis dengan melihat apakah terdapat pola nonacak dari plot residual atau residual kuadratis terhadap suatu variabel independen atau terhadap nilai tersuai (*fitted*) variabel dependen (dengan model

yang telah diestimasi). Secara formal, deteksi juga dapat dilakukan dengan uji hipotesis

H_0 : Asumsi homoskedastisitas terpenuhi

H_1 : Asumsi homoskedastisitas tidak terpenuhi

Di dalam literatur dikenal banyak metode untuk pengujian heteroskedastisitas, dua diantaranya yang populer adalah uji Breusch-Pagan dan yang lebih umum, Uji White. Uji Breusch-Pagan dilakukan dengan menghitung nilai statistik

$$BP = \frac{\sum \hat{y}_i^2}{2} \quad (2)$$

dari regresi semu (*auxiliary*) antara residual kuadrat terstandarisasi terhadap variabel-variabel independen.

$$p_i = \frac{\hat{\varepsilon}_i^2}{\hat{\sigma}^2} \quad (3)$$

dimana

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum \hat{\varepsilon}_i^2}{n} \quad (4)$$

Di bawah hipotesis null dan asumsi normalitas dari residual diketahui bahwa statistik BP akan berdistribusi χ^2 dengan derajat bebas k = banyaknya variabel independen dalam persamaan regresi semu, tidak termasuk konstanta.

$$BP \text{ hitung} = N * R^2 \quad (5)$$

$$BP \text{ tabel} = \chi^2 \text{ tabel dengan derajat bebas } k$$

H_0 diterima dan H_1 ditolak jika $BP \text{ hitung} \leq BP \text{ tabel}$, sebaliknya H_0 ditolak dan H_1 diterima jika $BP \text{ hitung} > BP \text{ tabel}$ (Glen, 2016).

c. Uji Autokorelasi dari galat

Dalam asumsi OLS klasik, residual bersifat independen satu dengan yang lain.

Untuk uji asumsi ini, kita menggunakan uji hipotesis

H_0 : Tidak terdapat korelasi serial pada residual

H_1 : Terdapat korelasi serial pada residual

Uji untuk korelasi serial dapat dilakukan diantaranya dengan uji Durbin Watson (DW) dan uji Breusch Godfrey Lagrange Multiplier (BGLM). Uji DW digunakan untuk menguji korelasi serial orde 1 dari galat, dilakukan dengan menghitung statistik uji DW yang merupakan rasio diantara jumlahan deferens orde-1 kuadrat dari residual dan jumlahan kuadrat dari residual.

Tabel daerah kritik dari uji ini tersedia pada buku teks standar ekonometrika (Rosadi, 2011).

$$DW \text{ hitung} = \frac{\sum_{t=2}^T (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2} \quad (6)$$

$DW_{tabel} = DW_{(n,k)}$, di mana n merupakan banyak data, k merupakan banyak variabel independen (Unibo, n.d.).

Statistik Uji: ($d = DW$ hitung)

Jika $0 < d < dl$ artinya tidak ada autokorelasi positif maka H_0 ditolak.

Jika $dl \leq d \leq du$ artinya tidak ada autokorelasi positif maka tidak ada keputusan.

Jika $4 - dl < d < 4$ artinya tidak ada korelasi negatif maka H_0 ditolak.

Jika $4 - du \leq d \leq 4 - dl$ artinya tidak ada korelasi negatif maka tidak ada keputusan.

Jika $du < d < 4 - du$ artinya tidak ada autokorelasi positif atau negatif dengan keputusan H_0 ditolak.

d. Uji Normalitas dari Galat

Salah satu asumsi lain yang penting untuk inferensi statistika dalam analisis regresi adalah asumsi normalitas dari galat. Untuk pengujian, gunakan hipotesis berikut

H_0 : residual berdistribusi Normal

H_1 : residual tidak berdistribusi Normal

(Rosadi, 2011).

Statistik Uji:

$$W_{hitung} = \frac{b^2}{[(n-1)s^2]} \quad (7)$$

dengan nilai b adalah sebagai berikut:

$$b = \sum_{i=1}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (X_{n+i-1} - X_i) a_{in} \quad (8)$$

(Mecklin, 2011).

Data dikatakan normal jika W_{hitung} lebih kecil dibandingkan W_{tabel} .

4. Transformasi terhadap variabel dependen dan/atau independen

Transformasi yang bisa dilakukan antara lain transformasi logaritma natural, transformasi pangkat ataupun pengakaran.

5. Pengukuran Ketepatan Model

Dalam analisis runtun waktu, sering kali data dibagi menjadi dua bagian yang disebut data in sample, yakni data-data yang digunakan untuk memilih model terbaik dengan langkah-langkah pemodelan di atas dan data out sample, yakni bagian data yang digunakan untuk memvalidasi keakuratan peramalan dari model terbaik yang diperoleh berdasarkan data in sample. Model

yang baik tentunya diharapkan model terbaik untuk penyesuaian (fitting) data in sample dan sekaligus model yang baik untuk peramalan dalam data out sampel (Rosadi, 2011).

Lalu menurut (Aswi & Sukarna, 2006), pengukuran ketepatan model dapat menggunakan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dengan formula sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^m |X_i - \hat{X}_i|}{X_i}, m < n \quad (9)$$

Tabel 1. Skala Pengukuran Ketepatan Model

Nilai MAPE	Penilaian Skala Pengukuran
< 10%	Sangat akurat
11% – 20%	Ramalan bagus
21% – 50%	Ramalan yang masuk akal
> 51%	Ramalan tidak akurat

(Lewis, 1982).



Gambar 1. Diagram Alir Pemodelan dengan Regresi Linear Berganda

Keterangan : Langkah 2,3 dan 4 dapat dibalik.

Data Penelitian

Banyak data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 8 data tahunan berpasangan dari ekspor dan produksi batubara di Indonesia sejak tahun 2012 hingga tahun 2019. Data yang ditampilkan dalam satuan ton. Data diperoleh dari laman Badan Pusat Statistik (BPS).

HASIL DAN PEMBAHASAN**Statistika Deskriptif**

Berikut adalah ekspor ke negara tujuan serta produksi batubara di Indonesia dari tahun 2012 hingga 2019.

Tabel 2. Data Waktu, Ekspor dan Produksi Batubara di Indonesia

Waktu (tahun)	Ekspor Batubara (ton)	Produksi Batubara (ton)
2012	347504500	466307241,0
2013	381384200	458462513,0
2014	356302800	435742874,0
2015	328387400	405871432,0
2016	311329800	433479326,5
2017	319098400	461087221,0
2018	343124300	557983706,0
2019	374935800	616154054,0

dengan statistika deskriptif sebagai berikut:

Tabel 3. Statistika Deskriptif Ekspor Batubara

Rata-rata	345258400,00
Standar Deviasi	25178011,00
Nilai Minimum	311329800,00
Nilai Maksimum	381384200,00
Skewness	0,10
Kurtosis	-1,64

Rata-rata ekspor batubara Indonesia setiap tahunnya adalah 345258400 ton, dengan standar deviasi sebesar 25178011. Ekspor terendah sebesar 311329800 ton dan ekspor tertinggi adalah 381384200 ton dengan nilai kurtosis sebesar -1,64 maka dapat dikatakan kurva Platikurtik, merupakan distribusi yang memiliki puncak hampir mendatar (nilai keruncingan < 3), serta skewness menunjukkan nilai positif sebesar 0,10 atau ekor distribusi berada di sebelah kanan nilai terbanyak. Berarti, sebagian besar distribusi berada di nilai rendah.

Tabel 4. Statistika Deskriptif Produksi Batubara

Rata-rata	479386046,00
Standar Deviasi	70956051,00
Nilai Minimum	405871432,00
Nilai Maksimum	616154054,00
Skewness	0,86
Kurtosis	-0,90

Rata-rata produksi batubara di Indonesia setiap tahunnya adalah 479386046 ton, dimana data menyebar sebesar 70956051 dari rata-rata. Produksi terendah sebesar 405871432 ton dan

produksi tertinggi adalah 616154054 ton dengan nilai kurtosis sebesar -0,9 maka dapat dikatakan kurva Platikurtik, merupakan distribusi yang memiliki puncak hampir mendatar (nilai keruncingan < 3), serta skewness menunjukkan nilai positif sebesar 0,86 atau ekor distribusi berada di sebelah kanan nilai terbanyak. Berarti, sebagian besar distribusi berada di nilai rendah.

Membangun Model dan Seleksi Variabel Independen yang Signifikan

Model regresi linear yang akan diestimasi yaitu model 1:

$$prod_i = \beta_0 + \beta_1 * w_i + \beta_2 * eb_i + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$$

Dimana *prod* adalah produksi batubara di Indonesia sebagai variabel dependen, *w* adalah waktu dan *eb* merupakan ekspor batubara Indonesia merupakan dua variabel independen pada model.

Uji t (Uji parsial tiap estimator, $\hat{\beta}_i$)

Hipotesa:

$$H_0 : \hat{\beta}_i = 0$$

$$H_1 : \hat{\beta}_i \neq 0$$

Statistik Uji t

H_0 diterima jika $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq t_{tabel}$, sebaliknya H_0 ditolak jika $t_{hitung} < -t_{tabel}$ atau $t_{hitung} > t_{tabel}$.

Adapun hasil estimasi parameter dan uji t pada tiap parameter adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Estimasi Parameter dan Uji T Pada Tiap Parameter

Parameter	Estimasi($\hat{\beta}_i$)	Standar Error (se)	t_{hitung} $(\frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{se})$	t_{tabel} $(t_{\frac{\alpha}{2}, n-1-k})$	Keputusan
β_0	$-4,475 \cdot 10^{10}$	$1,199 \cdot 10^{10}$	-3,732	-2,571	Menolak H_0 , sebab $t_{hitung} < -t_{tabel}$
β_1	$2,216 \cdot 10^7$	$5,934 \cdot 10^6$	3,734	2,571	Menolak H_0 , sebab $t_{hitung} > t_{tabel}$
β_2	1,649	$5,773 \cdot 10^{-1}$	2,857	2,571	Menolak H_0 , sebab $t_{hitung} > t_{tabel}$

Keterangan :

$\alpha = 0,05$ sebab selang kepercayaan penelitian ini sebesar 95%

$n = 8$, sebab banyak data yang digunakan ada 8 data dri tahun 2012-2019

$k = 2$, sebab ada 2 variabel independen yang dimasukkan ke dalam model

Kesimpulan Uji t : setiap $\hat{\beta}_j$ signifikan, sehingga konstanta maupun kedua variabel independen baik digunakan dalam model.

Uji F (Uji kelayakan model)

H_0 : Tidak ada hubungan regresi linear antara variabel independen dan dependen

H_1 : Ada hubungan regresi linear antara variabel independen dan dependen

Tabel 6. Statistik Uji F

<i>Residual standard error</i>	38030000
(derajat bebas = 5)	
<i>Multiple R-squared</i>	0,7948
<i>Adjusted R-squared</i>	0,7127
F_{hitung}	9,684
$F_{tabel} = F_{\alpha, db1, db2}$	5,7861
Keputusan	Menolak H_0 , sebab $F_{hitung} > F_{tabel}$

Keterangan:

$db1 = 2$ sebab terdapat 2 variabel independen pada model

$db2 = 5$ sebab n (jumlah data) ada 8 dengan 2 variabel independen pada model,

$db2 = n - 1 - k$

Kesimpulan Uji F : Ada hubungan regresi linear antara variabel independen dan dependen

Pengecekan Diagnostik (Uji Asumsi Klasik)

Pada model 1 semua parameternya signifikan sehingga dapat dilanjutkan uji diagnostik diantaranya adalah uji autokorelasi dari galat, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas galat dan uji normalitas dari galat.

Uji Autokorelasi

Uji Autokorelasi dari galat menggunakan uji Durbin-Watson.

Hipotesa:

H_0 : Tidak terdapat korelasi serial pada residual

H_1 : Terdapat korelasi serial pada residual

Statistik Uji:

Jika $0 < d < dl$ artinya tidak ada autokorelasi positif maka H_0 ditolak.

Jika $dl \leq d \leq du$ artinya tidak ada autokorelasi positif maka tidak ada keputusan.

Jika $4 - dl < d < 4$ artinya tidak ada korelasi negatif maka H_0 ditolak.

Jika $4 - du \leq d \leq 4 - dl$ artinya tidak ada korelasi negatif maka tidak ada keputusan.

Jika $du < d < 4 - du$ artinya tidak ada autokorelasi positif atau negatif dengan keputusan H_0 ditolak.

Tabel 7. Hasil Uji Autokorelasi menggunakan Uji Durbin-Watson

d	Dl	du	artinya	Keputusan
1,3978	0.55907	1.77711	tidak ada autokorelasi positif, sebab $dl < d < du$	tidak ada keputusan

Dikarenakan uji Durbin-Watson tidak memberikan kepastian maka dilakukan uji Breusch-Godfrey (atau bias juga disebut Uji Lagrange Multiplier (LM)). Uji Breusch-Godfrey memiliki hipotesis yang sama dengan uji Durbin-Watson namun uji statistik yang berbeda yakni:

Statistik Uji Breusch-Godfrey:

H_0 diterima jika $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$, sebaliknya H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$.

Tabel 8. Statistik Uji Breusch-Godfrey

db	$\chi^2_{hitung} = (n - 1) * R^2_{Yana}$ (Rohmana,2010:200)	χ^2_{tabel} $= \chi^2_{\alpha,db}$	Keputusan
1	0,031579	3,841	Menerima H_0 , dikarenakan $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$
5	8	11,071	Menerima H_0 , dikarenakan $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$

Keterangan : $\alpha = 0,05$

Kesimpulan : Tidak terdapat korelasi serial pada residual.

Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan dengan menghitung nilai VIF. Adapun nilai VIF yang dihasilkan:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} = \frac{1}{1 - (-0.1481901)^2} = 1,022453$$

R_j : korelasi antara variabel waktu dan ekspor batubara

Dikarenakan nilai $VIF \leq 10$ maka dapat disimpulkan tidak terjadi kolinearitas yang kuat antar variabel independen.

Uji Heteroskedastisitas galat

Uji Breusch-Pagan digunakan untuk menguji heteroskedastisitas galat.

Hipotesa

H_0 : Asumsi homoskedastisitas terpenuhi

H_1 : Asumsi homoskedastisitas tidak terpenuhi

Statistik uji heteroskedastisitas galat:

BP hitung = 3,7216

BP tabel = 5,991 ($\chi^2_{db=2, \alpha=0,05}$)

Dikarenakan BP hitung $\leq$ BP tabel maka H_0 diterima yaitu asumsi homoskedastisitas galat terpenuhi.

Uji normalitas dari galat

Hipotesis:

H_0 : residual berdistribusi Normal

H_1 : residual tidak berdistribusi Normal

Statistik Uji :

$W_{hitung} = 0,92594$

Dengan nilai $W_{tabel} = 0,978$ ($n=8$ dan $\alpha=0,05$).

Dikarenakan $W_{hitung} \leq W_{tabel}$, maka H_0 diterima, yaitu residual berdistribusi normal.

Transformasi Variabel Dependen dan atau Variabel Independen

Tidak dilakukan transformasi pada data dikarenakan uji F, uji t maupun pengecekan diagnostik pada data tanpa transformasi menunjukkan adanya hubungan linear antar variabel independen dan dependen, kedua variabel independen signifikan dan model lulus uji pada pengecekan diagnostik.

Pengukuran Ketepatan Model

Pada pengukuran ketepatan model digunakan MAPE dengan nilai prediksi berdasarkan model dan nilai faktual produksi batubara di Indonesia adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Prediksi dan nilai faktual Produksi Batubara di Indonesia

Tahun	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Prediksi	405540964	483568911	464364038	440485613	434512799	469480900	531258933	605876209
Faktual	466307241	458462513	435742874	405871432	433479327	461087221	557983706	616154054

Berdasarkan data diatas diperoleh MAPE= 0,05265092atau sebesar 5, 27%.

SIMPULAN

1. Model dari produksi batubara di Indonesia adalah:

$$prod_i = -4,475 * 10^{10} + 2,216 * 10^7 * w_i + 1,649 * eb_i + \varepsilon_i, i = 1,2, \dots, n$$

Di mana *prod* adalah produksi batubara di Indonesia, *w* adalah waktu dan *eb* merupakan ekspor batubara Indonesia.

Model ini telah diuji kelayakan(keseluruhan) maupun uji parsial. Model ini juga memenuhi uji asumsi klasik untuk model regresi linear (error tidak berautokorelasi, tidak mengandung multikolinearitas, tidak mengandung heteroskedastisitas serta error berdistribusi normal). Model ini memiliki MAPE sebesar 5,27% sehingga model ini dapat dikategorikan model yang sangat akurat.

2. Pengaruh variabel independen pada variabel dependen:

Pada model diatas, variabel independen waktu dan ekspor telah menjelaskan 71,72% variabel independen yang berpengaruh pada produksi batubara di Indonesia

SARAN

1. Model *time series* lainnya dapat digunakan jika data yang tersedia lebih banyak.
2. Model regresi linear diatas mampu menjelaskan 71,72 % dari variabel independen yang berpengaruh pada produksi batubara di Indonesia. Penelitian selanjutnya dapat memasukkan variabel independen lainnya yang boleh jadi berpengaruh pada produksi batubara.

REFERENSI

- Anggraeni, W., Vinarti, R. A., & Kurniawati, Y. D. (2015). Performance Comparisons between Arima and Arimax Method in Moslem Kids Clothes Demand Forecasting: Case Study. *Procedia Computer Science*, 72, 630–637. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.172>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32(6), 1421–1426. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.04.006>
- Asmarini, W. (2021). *Lampau AS, RI Jadi Produsen Batu Bara Terbesar Ke-3 Dunia*. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20210712153603-4-260186/lampau-as-ri-jadi-produsen-batu-bara-terbesar-ke-3-dunia>
- Aswi, & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasinya*. Andira Publisher.
- Ayuni, G. N., & Fitrihanah, D. (2019). Penerapan Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Penjualan Properti pada PT XYZ. *Jurnal Telematika*, 14(2), 79–86. <https://journal.ithb.ac.id/telematika/article/view/321>

- Belloumi, M. (2014). The relationship between trade, FDI and economic growth in Tunisia: An application of the autoregressive distributed lag model. *Economic Systems*, 38(2), 269–287. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2013.09.002>
- BPS.(2021).*Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama, 2012-2020*. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1034/ekspor-batu-bara-menurut-negara-tujuan-utama-2012-2020.html>
- Cornot-Gandolphe, S. (2017). Indonesia's Electricity Demand and the Coal Sector: Export or Meet Domestic Demand? In *The Oxford Institute for Energy Studies Paper CL 5* (Issue March). <https://www.oxfordenergy.org/publications/indonesias-electricity-demand-coal-sector-export-meet-domestic-demand/>
- Friederich, M. C., & van Leeuwen, T. (2017). A review of the history of coal exploration, discovery and production in Indonesia: The interplay of legal framework, coal geology and exploration strategy. *International Journal of Coal Geology*, 178, 56–73. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.04.007>
- Glen, S. (2016). *Breusch-Pagan-Godfrey Test: Definition*. StatisticsHowTo.Com: Elementary Statistics for the Rest of Us! <https://www.statisticshowto.com/breusch-pagan-godfrey-test/>
- Hower, J. C. (1963). *The International Handbook of Coal Petrography*. University of Kentucky.
- Indonesia-Investments. (2020). *Batubara*. <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/batu-bara/item236>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2017). *An Introduction to Statistical Learning* (8th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>
- Lewis, C. D. (1982). *International and Business Forecasting Methods*. Butterworths.
- Lucarelli, B. (2015). *Government as creator and destroyer. Indonesia's rapid rise and possible decline as steam coal supplier in Asia*, in: Thurber, M.C., Morse, R.K. (Eds.), *The Global Coal Market: supplying the major fuel for emerging economies*. Cambridge University Press.
- Mecklin, C. J. (2011). Shapiro-Wilk Test for Normality. In *Encyclopedia of Measurement and Statistics* (10th ed., pp. 884–886).
- Prakoso, R., & Hartati, E. R. (2018). *Berbagai Faktor Pengaruhi Pergerakan Harga Batubara*. <https://investor.id/archive/berbagai-faktor-pengaruhi-pergerakan-harga-batubara>
- Rosadi, D. (2011). *Analisis Ekonometrika dan Runtun Waktu Terapan (Pertama)*. Penerbit ANDI.
- Susanto, D. A., & Admi, R. (2021). the Determinants of Indonesia's Coal Exports Demand To Six Asian Countries. *Journal of Developing Economies*, 6(1), 66. <https://doi.org/10.20473/jde.v6i1.18916>
- Unibo. (n.d.). Durbin-Watson Significance Tables. *Universita Di Bologna*, 1–11. http://www.dm.unibo.it/~simoncin/Durbin_Watson_tables.pdf
- Voxco. (2021). *Introduction to Independent Variables and Dependent Variables*. <https://www.voxco.com/blog/independent-variables-and-dependent-variables/>
- Yuliara, I. M. (2016). Regresi Linier Berganda. *Journal Article*, 1–6. <http://www.mendeley.com/research/regresi-linier-berganda-1/>