

# PERAMALAN PUNCAK PRODUKSI DAN UMUR CADANGAN BATUBARA DI INDONESIA

## *Forecasting of Peak Production and Life of Coal Reserves in Indonesia*

ARIF SETIAWAN\*, MAYANG K. PUTERI\*\*, YULIANUS R. PASALLI\*\*

Universitas Papua

Jl. Gunung Salju Amban

Korespondensi e-mail : [arif\\_bsp@yahoo.com](mailto:arif_bsp@yahoo.com)

\* Kontributor Utama

\*\* Kontributor Anggota

---

### ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya dan cadangan cukup besar (3,25%) dari cadangan batubara di dunia. Produksi batubara Indonesia di 2022 mencapai sebesar 687 juta ton untuk memenuhi permintaan dalam dan luar negeri. Produksi batubara Indonesia dari tahun ke tahun memiliki tren kenaikan. Adanya tren kenaikan tersebut dapat mengakibatkan penurunan jumlah cadangan batubara yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan puncak produksi batubara dengan memperkirakan umur cadangan yang ada. Data yang digunakan merupakan data tahunan dari 1996 sampai 2021. Cadangan batubara yang digunakan sebagai dasar pertimbangan adalah 36.278,85 juta ton. Metode yang digunakan untuk meramalkan puncak produksi dan umur cadangan batubara adalah dengan model Hubbert, logistik, dan Gomperzt. Hasil yang diperoleh menjelaskan bahwa puncak produksi batubara terjadi pada 2018 sebesar 0,539 miliar ton dengan umur cadangan batubara hingga 2081. Berdasarkan model logistik dan model Gomperzt, puncak produksi batubara pada 2033 mencapai 1,345 miliar ton dan 0,7604 miliar ton dengan umur cadangan hingga 2080 dan 2120.

Kata kunci: peramalan, puncak produksi, umur cadangan, batubara.

### ABSTRACT

*Indonesia is a country that has quite large resources and reserves (3.25%) of the world's coal reserves. Indonesia's coal production in 2022 will reach 687 million tonnes to meet domestic and foreign (export) demand. Indonesia's coal production from year to year has an increasing trend. The existence of this upward trend can result in a decrease in the number of existing coal reserves. This study aims to predict the peak of coal production by estimating the age of the existing reserves. The data used is annual data from 1996 to 2021. The coal reserves used as a basis for consideration are 36,278.85 million tons. The methods used to forecast coal peak production and reserve age are the Hubbert, logistics, and Gomperzt models. The results obtained explain that the peak of coal production occurred in 2018 amounting to 0.539 billion tons with a coal reserve until 2081. For the logistic and Gomperzt models, the peak of coal production occurred in 2033 amounting to 1.345 billion tons and 0.7604 billion tons. Meanwhile, the reserve ages of the two models until 2080 and 2120.*

*Keywords: forecasting, peak production, life reserve, coal.*

---

### PENDAHULUAN

Dalam Undang-Undang Nomor 3 tahun 2020, batubara didefinisikan sebagai endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuhan. Batubara

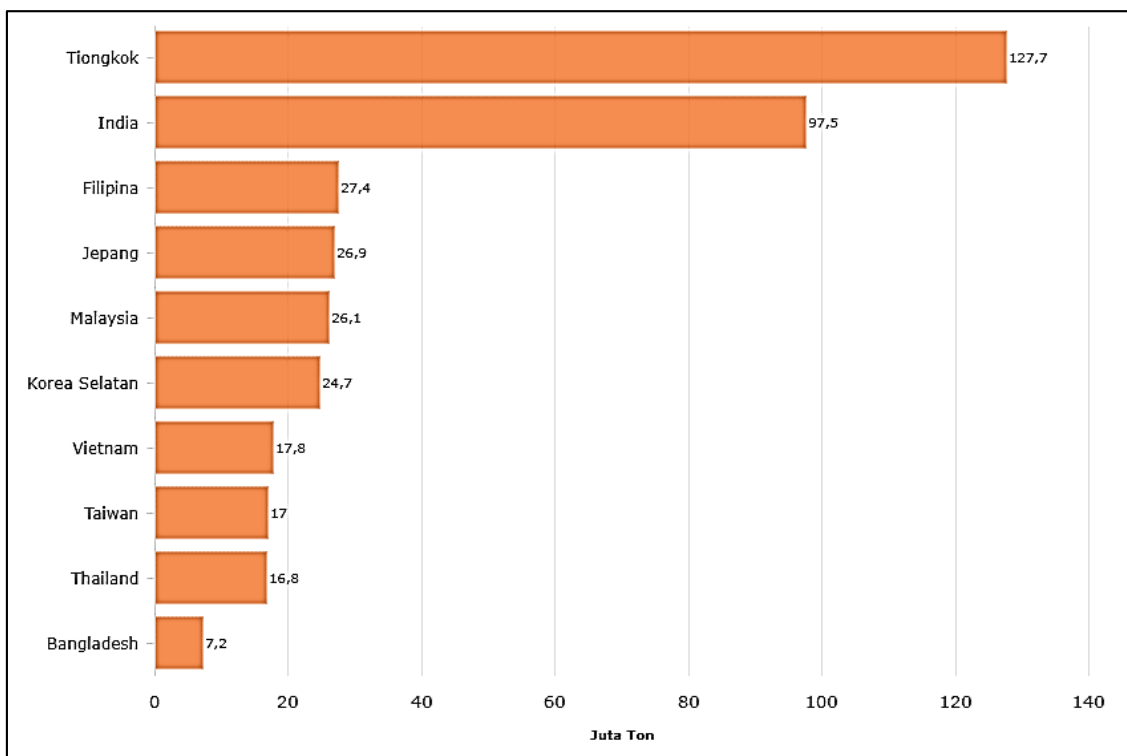
merupakan salah satu bahan bakar fosil yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Oleh karena itu dapat dimanfaatkan di berbagai industri, baik industri pembangkit tenaga listrik, semen, kertas, baja dan lainnya (Setiawan, Wibowo dan Rosyid, 2020).

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi batubara yang cukup besar. Besar sumber daya batubara terverifikasi yang dimiliki Indonesia adalah 92.078,11 juta ton dan total cadangan batubara yang terverifikasi adalah 25.827,34 juta ton (Hermawan *dkk.*, 2021). Berdasarkan data yang diperoleh dari *Statistical Review of World Energy*, Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki cadangan batubara terbesar di dunia dengan urutan ke 7 (BP, 2021). Dikarenakan memiliki sumber daya dan cadangan yang cukup besar, maka Indonesia memproduksi batubara untuk dipasarkan di dalam negeri sebagai pemenuhan Domestic Market Obligasi (DMO). Hal tersebut diharapkan dapat menjadi kontribusi bagi pertumbuhan ekonomi negara.

Batubara yang dipasarkan di dalam negeri digunakan sebagai bahan bakar dan bahan baku di berbagai industri, hampir sebagian besar pemanfaatannya di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagai sumber energi. Contohnya, pada 2016 hasil produksi batubara sebesar 76% digunakan di PLTU dan sisanya digunakan oleh industri semen, metalurgi, pupuk, kertas tekstil, dan briket (Haryadi dan

Suciyanti, 2018). Selain itu selama 10 periode dari 2009 sampai 2018 produksi batubara di Indonesia mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat dari capaian produksi batubara di 2018 sebesar 557 juta ton, porsi untuk diekspor adalah sekitar 63% (357 jutaan ton) dan sebagian digunakan di dalam negeri (Suharyati *dkk.*, 2019). Pada 2019 sampai 2021 terjadi tren penurunan produksi yaitu dari 616,16 juta ton menjadi 606,22 juta ton (Dihni, 2022b).

Selain penggunaan dalam negeri, produksi batubara Indonesia juga dipasarkan ke luar negeri (ekspor). Hal ini dilakukan apabila pemenuhan kebutuhan dalam negeri tercapai. Beberapa negara tujuan ekspor batubara adalah Tiongkok, India, Filipina, Jepang, Malaysia, Korea Selatan, Vietnam, Taiwan, Thailand, dan Bangladesh. Besarnya angka ekspor batubara Indonesia ke beberapa negara tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan data tersebut, permintaan ekspor batubara Indonesia terbesar adalah dari Tiongkok dan India. Tingginya ekspor batubara tersebut menjadikan Indonesia menjadi salah satu negara pengeksport terbesar di dunia.



Sumber: Dihni (2022a)

Gambar 1. Sepuluh negara tujuan ekspor batubara Indonesia (satuan juta ton)

Tiongkok dan India merupakan beberapa negara yang mengkonsumsi batubara untuk menunjang pertumbuhan ekonomi masing-masing negara. Konsumsi batubara di Tiongkok diperkirakan antara 3,92 sampai 4,14 miliar ton pada 2020. Namun pada 2030, konsumsi batubara Tiongkok diperkirakan akan mengalami penurunan yaitu antara 2,195 dan 3,699 miliar ton (Mengshu *dkk.*, 2021). Penurunan tersebut merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang mengakibatkan pemanasan global.

Lain halnya dengan India. Kebutuhan batubara India diperkirakan akan naik tiap tahunnya. Hasil peramalan konsumsi batubara di India sampai 2030, menunjukkan adanya peningkatan kebutuhan batubara India (Tabel 1) (Li, Yang dan Li, 2019).

Konflik yang terjadi antara Rusia dan Ukraina yang berdampak juga pada kenaikan harga energi secara global. Indonesia merupakan salah satu negara yang mengekspor batubara termal terbesar di dunia. Jika dikaitkan antara keduanya, kenaikan harga batubara tersebut akan meningkatkan nilai ekspor batubara Indonesia secara signifikan (Permana, 2022).

Adanya pemenuhan kebutuhan batubara dalam negeri (baik untuk pembangkit listrik dan industri lainnya) dan permintaan ekspor ke beberapa negara tujuan, maka diperkirakan produksi batubara akan mengalami peningkatan. Untuk mendukung penyediaan

kebutuhan batubara tersebut perlu dilakukan suatu peramalan produksi.

Produksi batubara dalam memenuhi permintaan batubara baik untuk penggunaan dalam negeri dan ekspor perlu memperhatikan total cadangan batubara yang ada. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Geologi Kementerian ESDM (Tabel 2), total cadangan batubara Indonesia relatif mengalami penurunan. Hal ini disebabkan batubara merupakan salah satu bagian dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui yang ketersediaannya sangat terbatas sehingga mengakibatkan pengurangan cadangan batubara. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan atau meramalkan kapan terjadinya puncak produksi batubara di Indonesia dan mengetahui kapan batubara Indonesia akan habis berdasarkan pertimbangan total cadangan yang ada. Total cadangan yang dimaksud adalah 36.278,85 juta ton (Hermawan *dkk.*, 2021).

Tabel 2. Total cadangan batubara Indonesia tiap tahun

Tahun	Cadangan Batubara (Juta Ton)
2018 <sup>(1)</sup>	39,890.95
2019 <sup>(2)</sup>	37,604.66
2020 <sup>(3)</sup>	38,805.48
2021 <sup>(4)</sup>	36,278.85

Sumber: (1) Badan Geologi (2018); (2) Badan Geologi (2019); (3) Badan Geologi (2020); (4) Nursahan *dkk.* (2022).

Tabel 1. Prediksi produksi batubara yang akan datang berdasarkan empat model

Tahun	MGM	BP	MGM-ARIMA	BP-ARIMA
2018	433,968	426,264	449,667	428,918
2019	449,372	450,350	457,491	453,022
2020	464,568	451,690	443,763	437,731
2021	478,276	479,591	460,390	470,885
2022	494,675	479,698	480,468	462,969
2023	510,219	508,512	515,785	493,949
2024	526,441	509,129	523,187	497,852
2025	543,507	528,979	527,645	527,389
2026	560,707	539,927	541,423	534,732
2027	578,673	535,765	558,826	531,436
2028	597,185	559,112	592,722	554,876
2029	616,113	537,763	602,183	534,165
2030	635,731	542,302	620,357	539,110

Sumber: Li, Yang dan Li (2019)

MGM : metabolic grey model

BP : Back-Pro-Pagation Network

MGM-ARIMA : metabolic grey model, the Autoregressive Integrated Moving Average model

BP-ARIMA : Back-Pro-Pagation Network; and the Autoregressive Integrated Moving Average model

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang penting di seluruh dunia. Meramalkan produksi batubara dalam pemenuhan kebutuhan dalam negeri serta ekspor sangat penting bagi perkembangan industri batubara yang sehat. Peramalan tersebut dapat dijadikan suatu referensi dan sebagai bahan pertimbangan yang berguna dalam merumuskan strategi energi dan menerapkan kebijakan lingkungan.

Kelebihan dari penelitian ini adalah dapat memprediksi kapan terjadinya puncak produksi batubara di Indonesia sehingga mengetahui umur cadangan batubara dari produksi tersebut. Selain kelebihan, penelitian ini memiliki kekurangan yaitu nilai dari puncak produksi dan umur cadangan batubara untuk masing-masing model berbeda, sehingga hasil dari tiap pendekatan dari ketiga model tersebut sulit untuk menentukan nilai kepastian dari puncak produksi dan umur cadangan yang dihasilkan.

## METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *time series* dari 1990 sampai dengan 2021. Berdasarkan hal tersebut, untuk memperkirakan puncak produksi batubara menggunakan model Hubbert, Gomperzt, dan logistik. Model tersebut dipilih karena sering digunakan dalam memperkirakan jumlah produksi untuk sumber daya yang tidak diperbaharui. Ketiga model tersebut merupakan model kurva pertumbuhan tidak linear (non-linear) yang berbentuk lonceng terbalik yang digambarkan dalam bentuk model matematis.

Model Hubbert merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperkirakan total cadangan atau *Ultimate Recoverable Resources* (URR) berdasarkan data riwayat produksi. Metode ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan puncak suatu produksi sehingga waktu penurunan maupun batas waktu produksi dapat diketahui.

Berikut ini tahapan dalam meramalkan produksi menggunakan model Hubbert yaitu:

- 1) Pengumpulan data produksi tahunan (P);
- 2) perhitungan kumulatif produksi (Q);
- 3) perhitungan nilai P/Q tiap periode;

- 4) membuat grafik dari P/Q (untuk sumbu Y) dan P (untuk sumbu X)
- 5) analisis regresi sehingga diperoleh persamaan:  

$$P/Q = a - mQ \dots\dots\dots(1)$$
 Keterangan:  
 m : kemiringan garis regresi;
- 6) membuat grafik hubungan antara P/Q dan Q;
- 7) pilih persamaan regresi dengan nilai R<sup>2</sup> (koefisien determinasi) yang tinggi;
- 8) tentukan produksi peramalan dengan mengubah persamaan (1) menjadi:  

$$P = aQ - mQ^2 \dots\dots\dots(2)$$
- 9) membuat Kurva Hubbert dan menentukan puncak produksi.

Selain model Hubbert terdapat beberapa model yang dapat digunakan untuk menentukan kumulatif dan produksi tahunan dari sumber daya yang tidak dapat diperbaharui yaitu model Gomperzt dan Logistik. Model Gomperzt adalah suatu model kurva dengan bentuk tidak linear (asimetris) dan miring ke kanan yang digunakan untuk memperkirakan suatu pertumbuhan dari variabel yang diamati. Sedangkan model Logistik adalah suatu model kurva dengan bentuk simetris seperti lonceng terbalik yang memiliki fungsi yang sama seperti model Gomperzt dan Hubbert.

Kedua model tersebut digunakan untuk memperkirakan kumulatif produksi sehingga memperoleh estimasi produksi batubara tiap tahun. Persamaan yang digunakan untuk menentukan model Logistik adalah:

$$Q(t) = \frac{URR}{1 + ae^{-k(t)}} \dots\dots\dots(3)$$

- Keterangan:
- Q(t) : Kumulatif produksi periode t
  - URR: Jumlah cadangan (*Ultimate Recoverable Resources*)
  - a : Constanta
  - k : Laju pertumbuhan
  - t : Periode t

Terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam model logistik, yaitu jumlah cadangan yang tetap, profil produksi yang simetris (produksi maksimum tercapai ketika setengah dari cadangan telah habis dan laju penurunan produksi merupakan laju kenaikan terbalik dari produksi), dan memiliki satu siklus dan satu

puncak. Untuk model Hubbert memiliki asumsi bahwa profil produksi yang dihasilkan berbentuk lonceng terbalik dengan produksi maksimum tercapai ketika setengah dari cadangan telah habis dan laju penurunan produksi merupakan laju kenaikan terbalik dari produksi. Model ini memiliki satu siklus dan satu puncak tanpa mengetahui jumlah cadangan.

Mirip dengan kurva logistik, kurva Gompertz juga mengasumsikan jumlah cadangan tetap dan kurva puncak tunggal. Perbedaan antara kurva logistik dan Gompertz terletak pada titik-titik infleksinya ketika produksi mencapai tingkat maksimum. Kurva logistik mencapai tingkat maksimum ketika setengah dari cadangan terpulihkan habis, sedangkan kurva Gompertz mencapai tingkat maksimum ketika cadangan habis hingga sekitar 37% dari total (Höök dkk., 2010). Dengan demikian, kurva Gompertz asimetris dan miring ke kanan. Bentuk umum dari kurva Gompertz diberikan dalam persamaan berikut.

$$Q(t) = URR \times e^{-ae^{-k(t)}} \dots\dots\dots(4)$$

Nilai a dan k pada model logistik dan Gompertz dapat ditentukan dengan melakukan *trial and error* sehingga menghasilkan kurva yang sesuai. Hal ini disebabkan proses pendugaan nilai tersebut (a dan k) dalam model logistik dan Gompertz lebih sulit dibandingkan model linear. Nilai URR dapat diperkirakan dengan dua metode yaitu:

1. Jumlah cadangan yang tersedia. Data ini dapat diperoleh dari instansi pemerintah maupun lainnya;
2. jumlah cadangan atau kumulatif produksi berdasarkan data produksi masa lalu.

Ketiga model tersebut dapat menghasilkan peramalan produksi batubara maksimum dan waktu terjadinya produksi maksimum.

**HASIL**

Data yang dikumpulkan dari Badan Pusat Statistik dan Kementerian Energi Sumber Daya Mineral dan Batubara, diperoleh nilai produksi batubara 1996 sampai dengan 2021 seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Produksi batubara aktual Indonesia

Tahun	Produksi Batubara (Ton)
1996	50.332.047
1997	55.982.040
1998	58.504.660
1999	62.108.239
2000	67.105.675
2001	71.072.961
2002	105.539.301
2003	113.525.813
2004	128.479.707
2005	149.665.233
2006	162.294.657
2007	188.663.068
2008	178.930.188
2009	228.806.887
2010	325.325.793
2011	415.765.068
2012	466.307.241
2013	458.462.513
2014	435.742.874
2015	405.871.432
2016	456.170.000
2017	461.087.221
2018	557.983.706
2019	616.154.054
2020	565.640.928
2021	606.220.000

Sumber: Badan Pusat Statistik

Berdasarkan Tabel 3 tersebut, selanjutnya dilakukan peramalan produksi batubara sesuai dengan metode yang akan digunakan.

**1. Peramalan Produksi Model Hubbert**

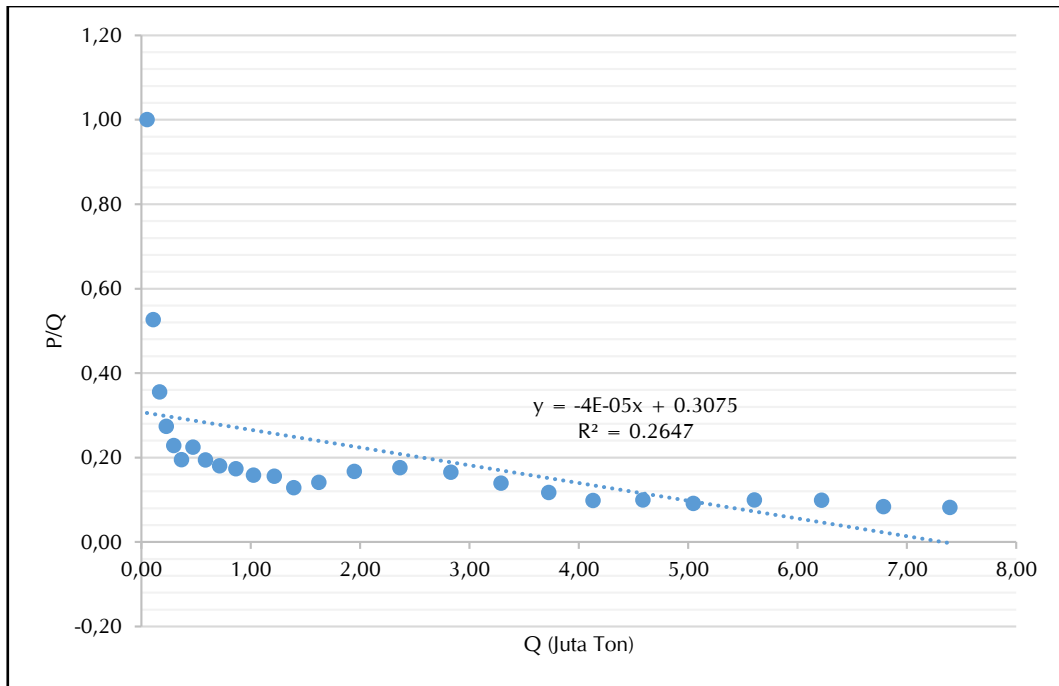
Berdasarkan hasil ke tiga grafik tersebut (Gambar 2,3, dan 4) diperoleh nilai koefisien determinasi hubungan yang memiliki nilai paling besar adalah pada periode 2000 hingga 2021 (Gambar 3).

Penjelasan untuk Gambar 2, 3 dan 4 disajikan berikut ini.

- 1) Gambar 2 menjelaskan bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan antara P/Q dengan Q dari 1996 sampai 2021 adalah 0,2647. Hal tersebut menjelaskan koefisien determinasi yang dihasilkan antara P/Q dengan Q relatif kecil.
- 2) Gambar 3. menjelaskan bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan antara P/Q dengan Q dari 2000 sampai 2021 adalah 0,793. Hal tersebut menjelaskan koefisien determinasi yang dihasilkan antara P/Q dengan Q cukup besar.

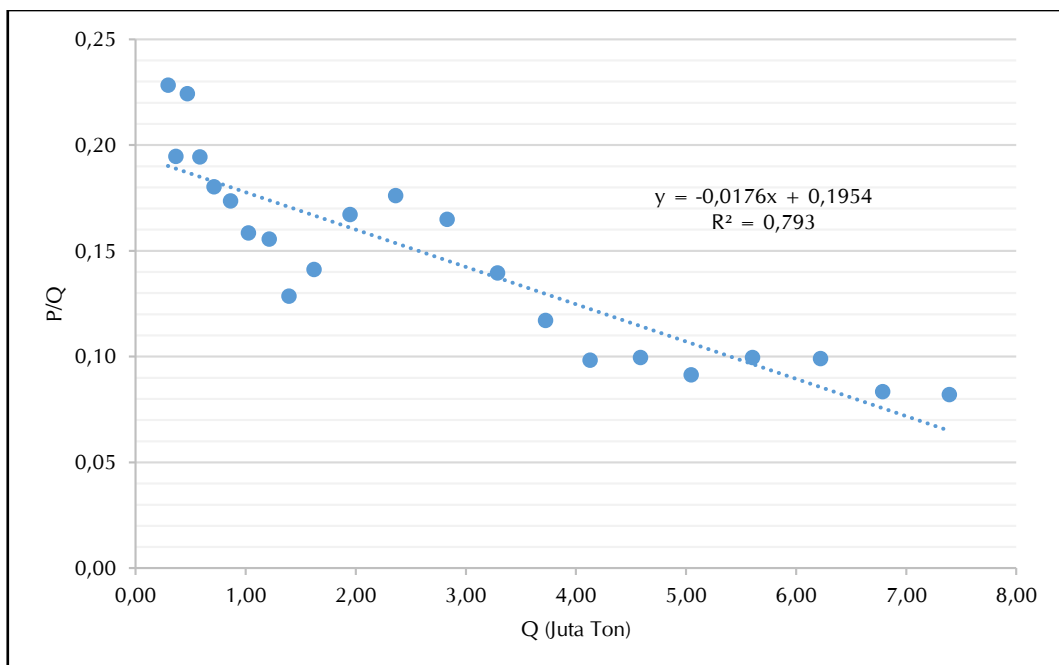
3) Gambar 4. menjelaskan bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan antara P/Q dengan Q dari 2004 sampai 2021 adalah

0,784. Hal tersebut menjelaskan koefisien determinasi yang dihasilkan antara P/Q dengan Q cukup besar.



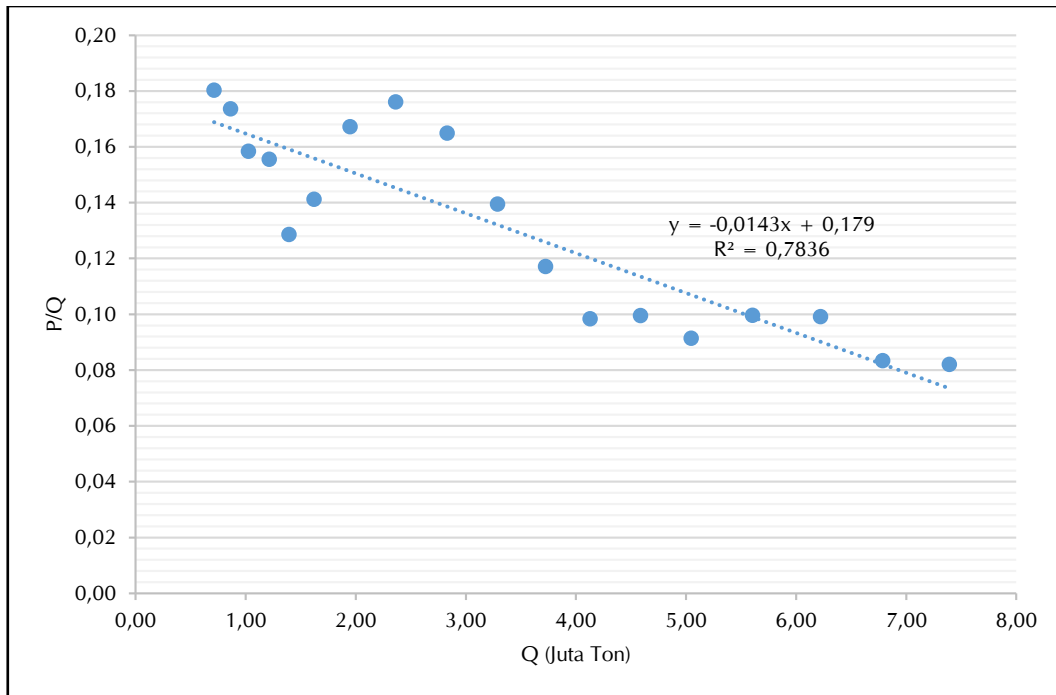
Sumber: data diolah

Gambar 2. Hubungan antara P/Q dengan Q periode 1996-2021



Sumber: data diolah

Gambar 3. Hubungan antara P/Q dengan Q periode 2000-2021



Sumber: data diolah

Gambar 4. Hubungan antara P/Q dengan Q periode 2004-2021

Namun dari ketiga gambar tersebut dipilih koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih besar yaitu Gambar 3. Gambar 3 memiliki hasil persamaan regresi (persamaan 5) dan koefisien determinasi sebesar 0,793.

$$Y = 0,1954 - 0,0176 X \dots\dots\dots(5)$$

Yang menjadi:

$$P/Q = 0,1954 - 0,0176Q \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan 6 akan diubah menjadi persamaan (7) untuk meramalkan produksi batubara seperti berikut ini.

$$P = 0,1954Q - 0,0176Q^2 \dots\dots\dots(7)$$

Nilai X merupakan nilai Q (kumulatif produksi) yang digunakan untuk menggambarkan total kumulatif produksi batubara sampai dengan batubara habis. Maksudnya habis adalah suatu perkiraan tidak adanya cadangan batubara yang layak untuk di produksi kembali. Berdasarkan hal tersebut, bila cadangan batubara habis, maka dapat diasumsikan bahwa Y bernilai 0. Nilai yang akan diperoleh adalah:

$$Y = 0,1954 - 0,0176 X$$

$$0 = 0,1954 - 0,0176 X$$

$$X = \frac{0,1954}{0,0176}$$

$$X = 11,1023 \text{ (miliar ton)}$$

Hasil tersebut dapat digambarkan pada kurva Hubbert seperti yang terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 5.

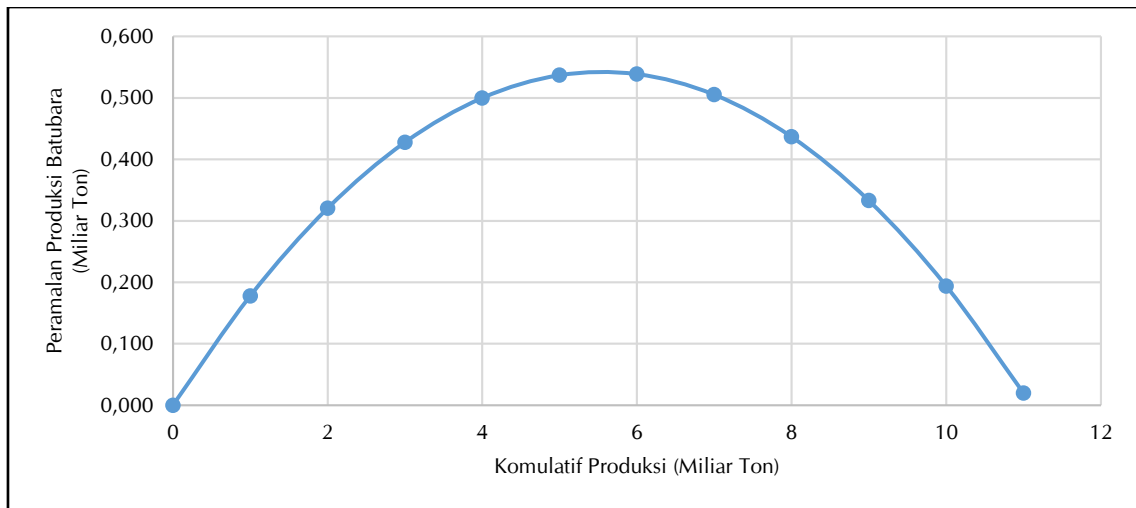
Penentuan puncak produksi batubara menggunakan model Hubbert sebagaimana terlihat pada Gambar 5 dan Tabel 3 berdasarkan pada nilai tertinggi peramalan yaitu 0,539 miliar ton. Nilai tersebut dikorelasikan dengan hasil nilai aktual produksi. Nilai tersebut mendekati nilai di 2018 yaitu sebesar 0,5578 miliar ton.

Untuk melihat kesesuaian antara hasil peramalan atau estimasi dengan nilai aktual, maka dibuat grafik perbandingan antara hasil estimasi produksi menggunakan model Hubbert dengan produksi aktual seperti yang terlihat pada Gambar 6.

Tabel 4. Peramalan produksi batubara dan estimasi waktu dari produksi batubara

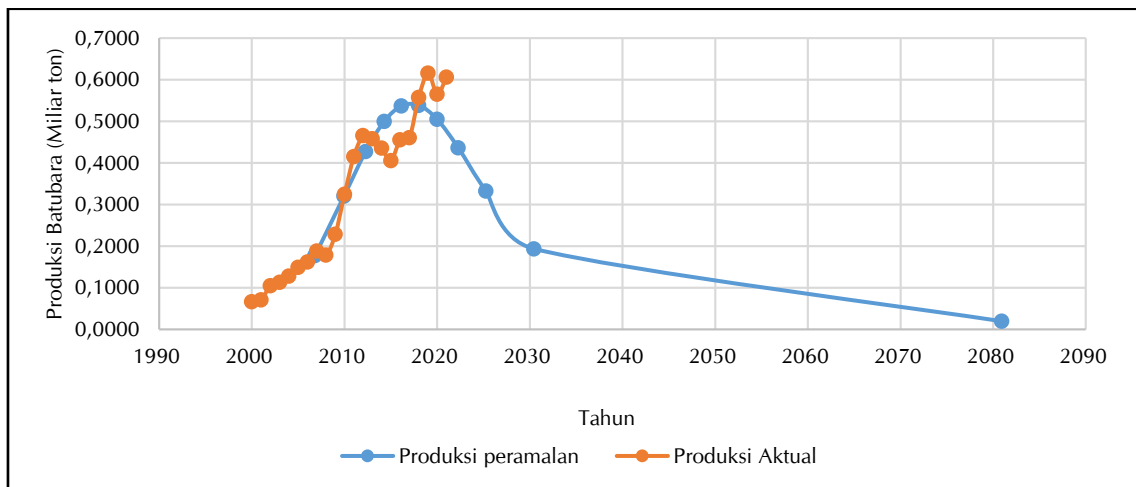
Q	A	m	P	1/P	Tahun
0	0,1954	0,0176	0	-	2001
1	0,1954	0,0176	0,178	6	2007
2	0,1954	0,0176	0,320	3	2010
3	0,1954	0,0176	0,428	2	2012
4	0,1954	0,0176	0,500	2	2014
5	0,1954	0,0176	0,537	2	2016
6	0,1954	0,0176	0,539	2	2018
7	0,1954	0,0176	0,505	2	2020
8	0,1954	0,0176	0,437	2	2022
9	0,1954	0,0176	0,333	3	2025
10	0,1954	0,0176	0,194	5	2030
11	0,1954	0,0176	0,020	51	2081

Sumber: Data diolah



Sumber: data diolah

Gambar 5. Peramalan produksi dan kumulatif produksi batubara model Hubbert



Sumber: data diolah

Gambar 6. Perbandingan Produksi aktual dan peramalan produksi batubara model Hubbert



Hasil peramalan produksi batubara menggunakan model Hubbert, terjadinya puncak produksi batubara pada 2018 sebesar 0,539 miliar ton sehingga batubara diramalkan akan habis pada 2081. Hasil peramalan yang diperoleh dari model hubbert jauh di bawah produksi batubara secara aktual yaitu sebesar 0,558 miliar ton. Selain itu pada 2019 dan 2020 total produksi batubara Indonesia adalah 0,616 miliar ton dan 0,606 miliar ton. Hal ini dikarenakan model hubber dalam memperkirakan puncak produksi batubara tidak memasukkan jumlah cadangan batubara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.

**2. Peramalan Produksi Model Logistik dan Model Gomperzt**

Dalam melakukan peramalan produksi menggunakan model logistic (Gambar 7) dan gomperzt (Gambar 8), hal pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai URR terlebih dahulu. Nilai tersebut merupakan nilai

kumulatif dari total cadangan yang telah tertambang dengan total cadangan yang masih tersisa (belum tertambang). Berdasarkan hal tersebut jika cadangan batubara Indonesia diakhir tahun dan komulatif produksi batubara di 2020 sebesar 25.827.340.000 ton dan 6.785.521.306 ton, maka nilai URR adalah 32.612.861.306 ton. Penentuan nilai k dan a dengan cara *trial and error* menghasilkan persamaan 8 (Model Logistik) dan persamaan 9 (Model Gomperzt).

$$Y(t) = \frac{URR}{1 + ae^{-k(t)}}$$

$$Y(t) = \frac{32,61}{1 + 35e^{-0,105(t)}} \dots\dots\dots(8)$$

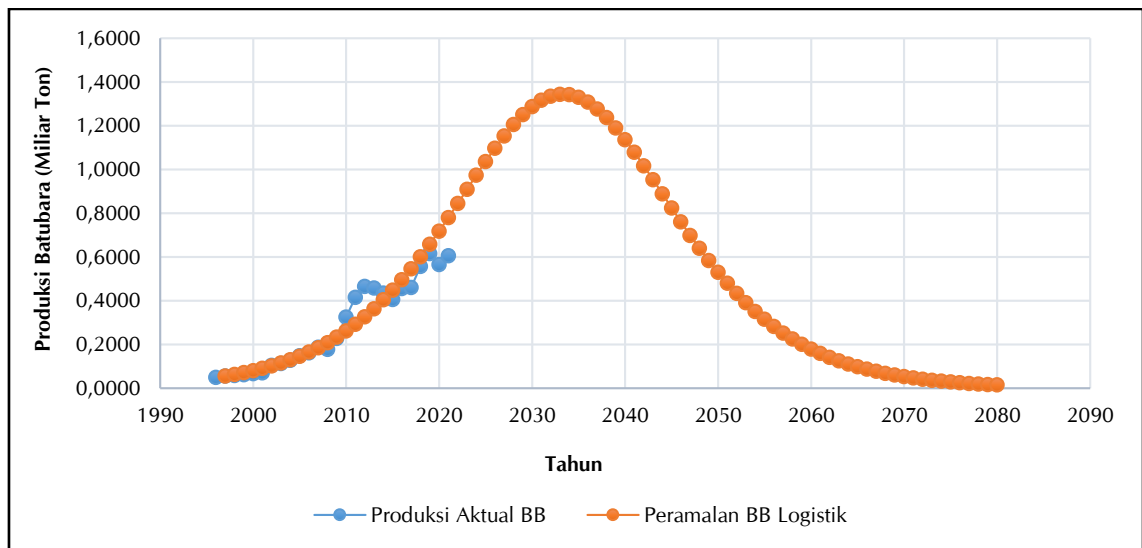
Sedangkan untuk model Gomperzt persamaannya adalah:

$$Y(t) = URR \times e^{-ae^{-k(t)}}$$

$$Y(t) = 32,61 \times e^{-7e^{-0,06(t)}} \dots\dots\dots(9)$$

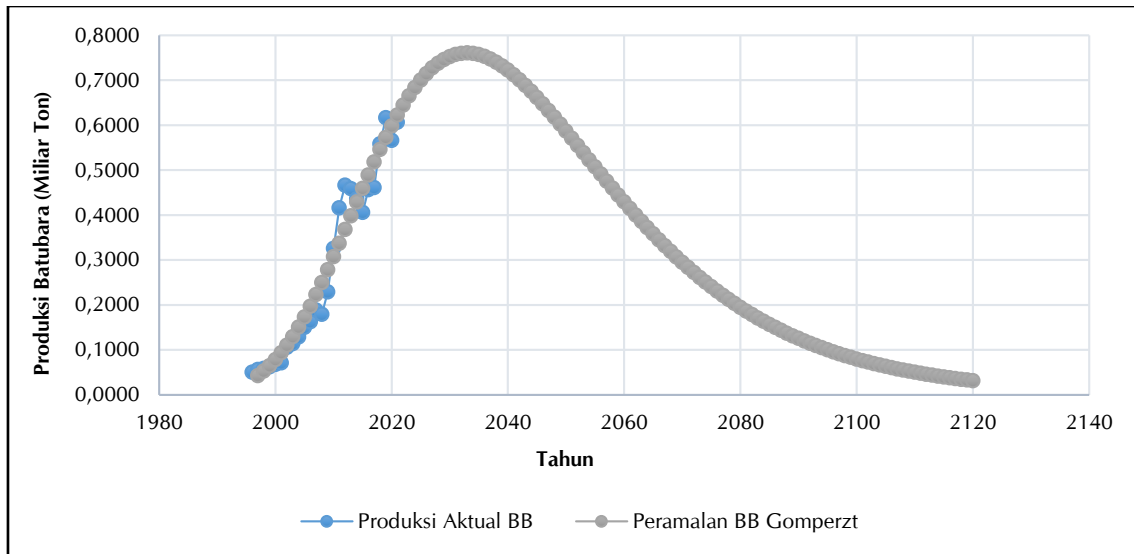
Tabel 5. Peramalan puncak produksi batubara dan umur cadangan batubara akan habis.

No.	Model	Peramalan produksi Batubara (miliar ton)	Tahun puncak produksi batubara	Umur cadangan batubara (Batubara akan habis tahun ke-)
1	Hubbert	0,539	2018	2081
2	Logistic	1,345	2033	2080
3	Gomperzt	0,7604	2033	2120



Sumber: data diolah

Gambar 7. Hasil Peramalan Produksi Batubara Menggunakan Model Logistik



Sumber: data diolah

Gambar 8. Hasil Peramalan Produksi Batubara Menggunakan Model Gomperzt

Perkiraan puncak produksi batubara di Indonesia menurut model logistic dan model gomperzt adalah sebesar 1,345 dan 0,7604 miliar ton. Keduanya terjadi pada tahun yang sama yaitu di 2033. Berdasarkan hasil pemodelan dengan kedua metode tersebut diperoleh informasi bahwa batubara diperkirakan akan habis pada 2080 (model logistik) dan 2120 (model Gomperzt).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil ketiga model di atas dapat disimpulkan bahwa terjadinya puncak produksi batubara adalah pada 2018 sebesar 0,539 miliar ton (model Hubbert), 2033 sebesar 1,345 miliar ton (model logistik), dan 2033 sebesar 0,7604 miliar ton (model Gomperzt).

Umur cadangan ketiga model di atas diramalkan akan habis pada 2080 untuk model logistik, 2120 untuk model Gomperzt, dan 2081 untuk model Hubbert. Dari ke tiga metode yang digunakan metode yang cocok digunakan untuk memprediksi produksi batubara adalah metode Gomperzt dikarenakan antara nilai aktual dan nilai prediksi memiliki selisih yang kecil.

### Saran

Pemerintah harus mempersiapkan dengan baik proses transisi energi dari energi batubara ke energi baru terbarukan, dengan melihat peramalan batubara sampai 2081, Indonesia masih mempunyai waktu untuk mengembangkan teknologi energi baru terbarukan, sehingga kebutuhan energi tetap terjaga.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Badan Pusat Statistik (BPS), Badan Geologi atas penyediaan data dukung penelitian, serta pihak-pihak dosen pertambangan dari Universitas Papua yang telah memberikan masukan sehingga membantu menyelesaikan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi (2018) *Executive summary pemutakhiran data dan neraca sumber daya mineral dan batubara status 2018*. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi.
- Badan Geologi (2019) *Neraca sumber daya dan cadangan batubara Indonesia 2019*. Bandung:

- Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi.
- Badan Geologi (2020) *Neraca sumber daya dan cadangan batubara Indonesia 2020*. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi.
- BP (2021) *Statistical review of world energy 2021*. 70 ed. London: BP.
- Dihni, V.A. (2022a) *Daftar 10 negara tujuan ekspor batu bara Indonesia, databoks*. Tersedia pada: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/01/06/daftar-10-negara-tujuan-ekspor-batu-bara-indonesia> (Diakses: 10 Januari 2023).
- Dihni, V.A. (2022b) *Produksi batu bara Indonesia naik 7,2% pada 2021, databoks*. Tersedia pada: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/01/05/produksi-batu-bara-indonesia-naik-7-2-pada-2021#:~:text=Kementerian Energi dan Sumber Daya,sebesar 565%2C69 juta ton> (Diakses: 5 Januari 2023).
- Haryadi, H. dan Suciyanti, M. (2018) "Analisis perkiraan kebutuhan batubara untuk industri domestik tahun 2020-2035 dalam mendukung kebijakan domestic market obligation dan kebijakan energi nasional," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(1), hal. 59–73. Tersedia pada: <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No1.2018.192>.
- Hermawan, D., Mustofa, S.A., Permana, L.A. dan Rustina, T.S. (2021) *Neraca sumber daya dan cadangan mineral, Batubara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2020*. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi.
- Höök, M., Zittel, W., Schindler, J. dan Aleklett, K. (2010) "Global coal production outlooks based on a logistic model," *Fuel*, 89(11), hal. 3546–3558. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.06.013>.
- Li, S., Yang, X. dan Li, R. (2019) "Forecasting coal consumption in India by 2030: Using linear modified linear (MGM-ARIMA) and linear modified nonlinear (BP-ARIMA) combined models," *Sustainability*, 11(3), hal. 695. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/su11030695>.
- Mengshu, S., Yuansheng, H., Xiaofeng, X. dan Dunnan, L. (2021) "China's coal consumption forecasting using adaptive differential evolution algorithm and support vector machine," *Resources Policy*, 74, hal. 102287. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102287>.
- Nursahan, I., Heditama, D.M., Sunuhadi, D.N., Mulyadi, A.D., Eddy, H.R., Juarsa, A., Wibisono, S.A., Ibrahim, M.A., Oktaviani, P., Hidayat, R., Fatimah, Hermawan, D., Mustofa, S.A., Permana, L.A. dan Rustina, T.S. (2022) *Neraca sumber daya dan cadangan mineral, batubara, dan panas bumi Indonesia Tahun 2021*. Diedit oleh M. Awaludin, S.S.R. Susilawati, dan A. Munandar. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi.
- Permana, S.H. (2022) "Dampak perang Rusia-Ukraina terhadap perekonomian Indonesia," *INFO Singkat*, XIV(5), hal. 19–24.
- Setiawan, A., Wibowo, A. dan Rosyid, F. (2020) "Analisis pengaruh ekspor dan konsumsi batubara terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 16(2), hal. 109–124. Tersedia pada: <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol16.No2.2020.1081>.
- Suharyati, Pambudi, S.H., Wibowo, J.L. dan Pratiwi, N.I. (2019) *Outlook energi Indonesia 2019*. Diedit oleh S. Abdurrahman, M. Pertiwi, dan Walujanto. Jakarta: Dewan Energi Nasional.

