

PEMODELAN HARGA MINYAK MENTAH DUNIA BERDASARKAN EFEK PANDEMI COVID-19 DENGAN ESTIMATOR PENALIZED SPLINE

Naufal Ramadhan Al Akhwal Siregar¹, Farida², Sabrina Falasifah³,
Muhammad Falah El Fahmi⁴, Nur Chamidah^{5*}

^{1,2,3,4,5} Program Studi Statistika, Departemen Matematika, Universitas Airlangga,
Surabaya, Indonesia.

naufal.ramadhan.al-2020@fst.unair.ac.id¹, farida-2020@fst.unair.ac.id²,
sabrina.falasifah-2020@fst.unair.ac.id³, muhammad.falah.el-
2020@fst.unair.ac.id⁴, nur-c@fst.unair.ac.id^{5*}

**Corresponding Author*

Received 12 Desember 2022; revised 15 Desember 2022; accepted 18 Desember 2022

ABSTRAK

Pandemi Covid-19 berdampak beberapa sektor di dunia, salah satunya adalah sektor ekonomi dalam hal harga minyak mentah dunia. Harga minyak mentah dunia telah mengalami fluktuasi pada awal tahun 2000 hingga sekarang yang berpengaruh terhadap harga minyak mentah Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan data harga minyak mentah dunia terhadap efek pandemi covid-19 dengan menggunakan estimator *penalized spline*. Estimator *penalized spline* merupakan salah satu estimator dalam regresi nonparametrik yang memiliki hasil *smoothing* lebih mulus daripada estimator lainnya. Hal ini dikarenakan pada estimator *penalized spline* terdapat orde, titik *knot*, banyaknya titik *knot*, dan parameter penghalus (λ). Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data data sekunder yang diperoleh dari website *investing.com*. Untuk data *in sample* diambil dari periode 03 Maret tahun 2020 hingga Periode 27 Maret 2022. Untuk data *out sample*, diambil dari periode 3 April 2022 hingga 16 Oktober 2022. Pola perubahan harga minyak mentah dunia diinterpretasikan melalui model regresi kuantil *spline (penalized spline)* orde 1 dengan nilai GCV sebesar 39,61756 dan nilai MSE sebesar 36,7544. Kemudian, dari hasil analisis didapatkan nilai MAPE sebesar 10,77% yang dikategorikan model peramalan yang akurat. Dengan demikian, estimator *penalized spline* lebih baik digunakan untuk mengestimasi data harga minyak mentah dunia yang dipengaruhi periode masa pandemi Covid-19 di Indonesia untuk periode berikutnya.

Kata kunci: Covid-19, Minyak Mentah Dunia, *Penalized Spline*, Regresi Nonparametrik

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic has impacted several sectors in the world, one of which is the economic sector in terms of world crude oil prices. The price of world crude oil has experienced fluctuations in the early 2000s until now which has affected the price of Indonesian crude oil. The purpose of this study is to model world crude oil price data on the effects of the Covid-19 pandemic using a penalized spline estimator. The penalized spline estimator is one of the estimators in nonparametric regression which has smoother smoothing results than other estimators. This is because in the penalized spline estimator there are order, knot points, number of knot points, and the smoothing parameter (λ). In this study, the data used is secondary data obtained from the investing.com website. For in sample data taken from the period March 3 2020 to March 27 2022 period. For out sample data, taken from the period April 3 2022 to October 16 2022. The pattern of changes in world crude oil prices is interpreted through a penalized spline regression model of the order quantile 1 with a GCV value of 39.61756 and an MSE value of 36.7544. Then, from the analysis results obtained a MAPE value of 10.77% which is categorized as an accurate forecasting model. Thus, the penalized spline estimator is better used to estimate world crude oil price data which is influenced by the Covid-19 pandemic period in Indonesia for the next period.

Keywords: Covid-19, Nonparametric Regression, Penalized Spline, World Crude Oil

PENDAHULUAN

Tahun 2020 menjadi tahun yang suram bagi seluruh umat manusia. Munculnya virus baru yaitu *Coronaviruses* (CoV) yang menurut *World Health Organization* (WHO) dapat menjangkit saluran napas manusia sehingga dapat memberikan efek dari flu ringan hingga sangat parah yang serupa atau bahkan lebih parah dari MERS-CoV dan SARS-CoV. Setelah Covid-19 terdeteksi pertama kali di Wuhan, China pada tanggal 30 Desember 2019, penyebarannya sangat cepat dan menjadi pandemi bagi masyarakat global, setidaknya ditemukan 93 negara yang telah terjangkit virus ini (Darma Nasution, Erlina, & Muda, 2020). Pandemi Covid-19 telah melanda beberapa sektor di dunia, salah satunya adalah sektor ekonomi yaitu harga migas dan non migas. Apabila dicermati, harga logam dasar juga turun 15% dalam periode Januari 2020 hingga akhir Maret 2020. Menurut Suryahadi dkk (2020), berbagai kebijakan telah diterapkan untuk mengatasi penyebaran hingga upaya memutus mata rantai penularan. Kelanjutan Covid-19 menyebabkan banyak kegiatan ekonomi menyusut bahkan berhenti berproduksi. Menghadapi dampak

ekonomi dari wabah Covid-19, pemerintah harus mengambil langkah-langkah efektif untuk menjaga kestabilan ekonomi Indonesia.

Minyak mentah merupakan komoditas yang memegang peranan sangat krusial dalam seluruh kegiatan perekonomian (Novitasari, 2013). Hal ini disebabkan karena pasokan minyak mentah merupakan input kritis dalam beberapa proses produksi industri. Dalam upaya meningkatkan pembangunan ekonomi yang berkelanjutan, minyak tanah berperan penting untuk menunjang hal tersebut (Nizar, 2012). Banyaknya peran minyak mentah menyebabkan tingginya permintaan minyak mentah di seluruh negara. Fluktuasi harga minyak mentah mempengaruhi kondisi ekonomi suatu negara, terutama *eksportir* minyak mentah. Hal ini karena minyak mentah dihargai dan dijual dalam dolar, sehingga negara pengimpor minyak lebih rentan terhadap fluktuasi harga (Kiki, 2021).

Belum lama ini, pemerintah menerbitkan Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 55 Tahun 2019 mengenai Penggalakan Program Kendaraan Bermotor Listrik (KBL) Berbasis Baterai pada angkutan jalan dan mulai berlaku sejak diterbitkan pada tanggal 12 Agustus 2019 (Kompas, 2019). Sektor transportasi berperan penting dalam menentukan kebutuhan energi nasional. Pasokan energi untuk transportasi memerlukan perhatian khusus karena sebagian besar industri transportasi dunia mengkonsumsi rata-rata 2,5% BBM per tahun (Wirabrata, 2019).

Perubahan kebijakan terkait peralihan kendaraan bermotor dengan kendaraan bermotor listrik tentu saja berpengaruh pada rancangan Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN). Pasalnya, kenaikan tajam harga minyak membebani APBN dengan menambah beban subsidi energi. Dampak kenaikan harga minyak ini adalah membengkaknya anggaran pemerintah karena kenaikan harga minyak dunia sebesar \$1 per barel diperkirakan akan membebani anggaran pemerintah sekitar 500 miliar rupiah (Hartono, 2011).

Dalam keadaan tertentu, ada beberapa pola data yang tidak dapat dimodelkan dengan regresi secara parametrik karena menghasilkan error dan varians yang besar sehingga memerlukan pemodelan secara nonparametrik. Pada penelitian ini pola data harga minyak mentah tidak dapat dimodelkan dengan regresi parametrik dikarenakan memiliki pola data yang tidak membentuk tren

ataupun memenuhi beberapa asumsi, sehingga diperlukan pemodelan secara nonparametrik. Penelitian mengenai peramalan harga minyak mentah dunia sudah pernah dilakukan oleh (Fauzannisa, Yasin, & Ispriyanti, 2015) dalam memprediksi harga minyak pada tahun 2015 menggunakan metode nonparametrik *Radial Basis Function Neural Network*. Dalam penelitian tersebut didapatkan nilai MAPE 0.74% yang artinya model peramalan yang sangat baik. Kebaruan dari penelitian ini adalah peneliti menggunakan pemodelan nonparametrik dengan menggunakan estimator *penalized spline*. Estimator *penalized spline* mampu mengatasi pola data random dengan tren naik atau turun. Sehingga, dalam penelitian ini menggunakan model dengan estimator *Penalized Spline* untuk menganalisis harga minyak mentah dunia.

Estimator *penalized spline* merupakan salah satu estimator dalam regresi nonparametrik yang memiliki hasil smoothing lebih mulus daripada estimator lainnya. Hal ini dikarenakan pada estimator *penalized spline* terdapat orde, titik knot, banyaknya titik knot, dan parameter penghalus (λ). Bentuk model estimator *penalized spline*, jika diberikan n data berpasangan $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (X_n, y_n)\}$ dengan variabel respon (y) dan variabel prediktor (x) mengikuti model regresi sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan f adalah fungsi regresi yang diasumsikan smooth, y_i adalah variabel respon pada pengamatan ke- i , x_i adalah variabel prediktor pengamatan ke- i , dan ε_i adalah error random dengan mean 0 dan variansi σ^2 . Pada model regresi tersebut, fungsi $f(x_i)$ sama halnya seperti *Least-Square Spline* yang didekati dengan fungsi polinomial tersegmen yang mengandung fungsi sepotong-sepotong seperti berikut (Eubank, 1999).

$$f(x_i) = \sum_{j=0}^{p+k} \beta_j \varphi_j(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Dengan $\beta_j = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{p+k})^T$ menunjukkan vektor parameter dan $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{p+k}$ merupakan suatu fungsi yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\varphi_j(x_i) = \begin{cases} x_i^j, & \text{untuk } 0 \leq j \leq p \\ (x_i - \tau_{j-p})_+^p, & \text{untuk } p+1 \leq j \leq p+k \end{cases}$$

dengan,

$$(x_i - \tau_j)_+^p = \begin{cases} (x_i - \tau)^p, & \text{untuk } x \geq \tau \\ 0, & \text{untuk } x < \tau \end{cases}$$

Pengambilan n sampel berpasangan, fungsi *penalized spline* dapat ditulis sebagai berikut:

$$f(x_1) = \beta_0 + \beta_1(x_1)^1 + \dots + \beta_p(x_1)^p + \beta_{p+1}(x_1 - \tau_1)_+^p + \dots + \beta_{(p+k)}(x_1 - \tau_k)_+^p$$

$$f(x_2) = \beta_0 + \beta_1(x_2)^1 + \dots + \beta_p(x_2)^p + \beta_{p+1}(x_2 - \tau_1)_+^p + \dots + \beta_{(p+k)}(x_2 - \tau_k)_+^p$$

⋮

$$f(x_n) = \beta_0 + \beta_1(x_n)^1 + \dots + \beta_p(x_n)^p + \beta_{p+1}(x_n - \tau_1)_+^p + \dots + \beta_{(p+k)}(x_n - \tau_k)_+^p$$

Fungsi *penalized spline* diatas dapat diubah menjadi bentuk matriks sebagai berikut:

$$f(x_i) = X\underline{\beta}$$

Dengan,

$$f(x_i) = \begin{bmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \\ \vdots \\ f(x_n) \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{(p+k)} \end{bmatrix}, \text{ dan}$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_1^1 & x_1^2 & \dots & (x_1 - \tau_1)_+^p & \dots & (x_1 - \tau_k)_+^p \\ 1 & x_2^1 & x_2^2 & \dots & (x_2 - \tau_1)_+^p & \dots & (x_2 - \tau_k)_+^p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n^1 & x_n^2 & \dots & (x_n - \tau_1)_+^p & \dots & (x_n - \tau_k)_+^p \end{bmatrix}$$

Estimator *Penalized spline* diperoleh dengan meminimumkan fungsi *Penalized Least Square* (PLS) yang merupakan ukuran standard dari kesesuaian terhadap data yang terdiri dari least square $\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$ dan ukuran kemulusan alami $\sum_{l=1}^k \beta_{p+l}^2$, yang dituliskan sebagai berikut (Eubank, 1998).

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \sum_{l=1}^k \beta_{p+l}^2, \lambda \geq 0$$

didapatkan hasil estimator *penalized spline* dari $\hat{f}(x)$ adalah sebagai berikut.

$$\hat{f}(x) = X(X^T X + \lambda D)^{-1} X^T \underline{y}$$

$$\hat{f}(x) = H(\lambda) \underline{y}$$

Berdasarkan beberapa pembahasan di atas dan selaras dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin nomor 7, untuk memanfaatkan teknologi bahan bakar fosil menjadi energi bersih. Penulis ingin menganalisis

terkait Pemodelan Harga Minyak Mentah Dunia berdasarkan Pandemi Covid-19 menggunakan model dengan estimator *Penalized Spline*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari *website investing.com*. Untuk data *in sample* diambil dari periode 03 Maret tahun 2020 hingga Periode 27 Maret 2022. Untuk data *out sample*, diambil dari periode 3 April 2022 hingga 16 Oktober 2022. Berdasarkan pada latar belakang dan tujuan penelitian, diperoleh variabel yang digunakan dalam penelitian ini pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Keterangan	Tipe Data
Prediktor (X)	Waktu (t)	Kontinu
Respon(Y)	Harga Minyak Mentah Dunia (\$)/Minggu	

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara *online*. Data yang digunakan merupakan sumber data sekunder yang diperoleh dari *website investing.com*. Data dalam penelitian ini merupakan jenis data *time series*, yakni data yang diambil dengan pengamatan berupa runtun waktu. Jenis sampel pada penelitian ini terdiri dari dua, yaitu data training (*in sample*) dan data testing (*out sample*). Data *in sample* penelitian ini diambil pada tahun 2020 dimana awal mula terjadi kasus Covid-19 di Indonesia yang menyebabkan laju pertumbuhan ekonomi menurun. Data *out sample* diambil pada tahun 2022 dimana mulai terjadi kembali kasus kenaikan Covid-19 di Indonesia. Data *in sample* digunakan untuk menentukan penduga parameter dan data *out sample* digunakan untuk menentukan prediksi. Data yang digunakan terdiri dari data waktu dan harga minyak mentah dunia per minggu.

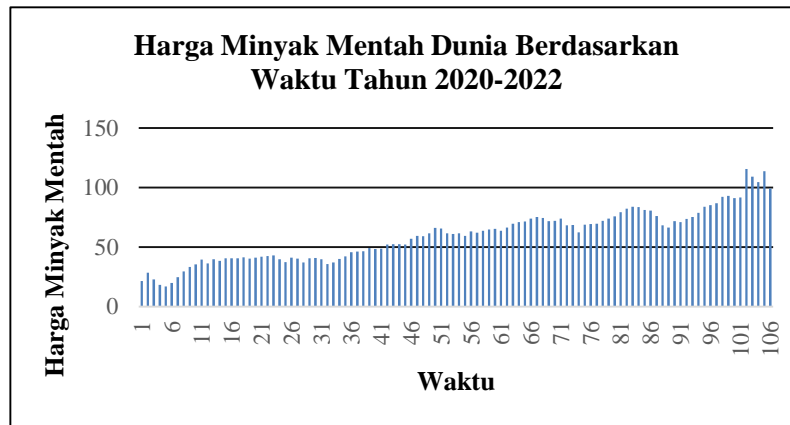
Adapun langkah-langkah analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Alfa dkk, 2018) :

1. Mendeskripsikan variabel prediktor dengan harga minyak mentah dunia dilakukan berdasarkan langkah-langkah berikut :

- a. Melakukan studi literatur terkait harga minyak mentah dunia untuk mendeskripsikan keterkaitan dengan variabel prediktor yang digunakan.
 - b. Membuat statistika deskriptif pada variabel prediktor untuk mengetahui karakteristik perubahan tren waktu pada saat pandemi terhadap perubahan harga minyak mentah dunia.
 - c. Membuat *scatter plot* atau diagram pencar untuk mengetahui pola hubungan antar 2 variabel yakni respon dan prediktornya.
2. Tahapan dalam menentukan estimator *Penalized Spline* dalam regresi nonparametrik yang sesuai untuk harga minyak mentah dunia, dilakukan menggunakan data *In sample* berdasarkan langkah-langkah berikut:
- a. Membuat program penentuan parameter osilasi (λ) dan titik knot optimal berdasarkan kriteria GCV.
 - b. Melakukan estimasi terhadap fungsi regresi nonparametrik berdasarkan estimator *penalized spline*
 - c. Menentukan model regresi terbaik dengan titik knot optimal berdasarkan kriteria GCV.
 - d. Menghitung *R-Square* dan Nilai MSE pada model terbaik yang dipilih.
3. Tahapan terakhir adalah memprediksi harga minyak mentah dunia serta memberikan rekomendasi yang sesuai berdasarkan hasil analisis data dengan langkah-langkah sebagai berikut :
- a. Membuat prediksi trend kenaikan atau penurunan harga minyak mentah dunia berdasarkan estimator *penalized spline* dalam regresi nonparametrik menggunakan data *Out sample*.
 - b. Menentukan MAPE dalam mengukur keakuratan prediksi agar dapat menganalisis sejauh mana prediksi trend harga minyak dunia dapat digunakan. Baik itu jangka pendek, jangka menengah, maupun jangka Panjang

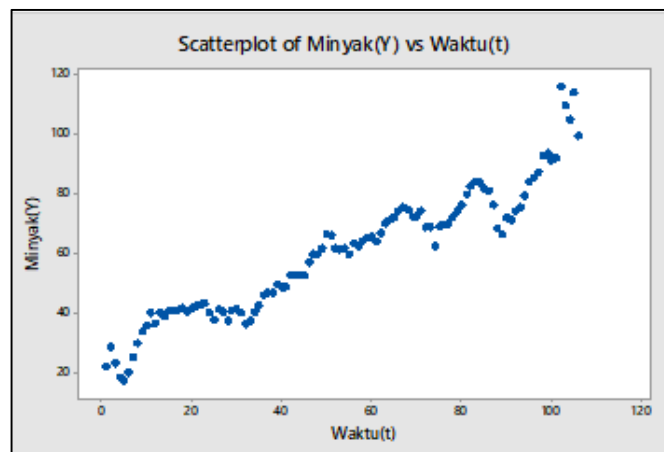
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Model estimasi terbaik untuk harga minyak mentah dunia berdasarkan waktu tahun 2020-2022 dengan menggunakan metode *penalized spline* dapat ditentukan dengan beberapa tahap. Hal ini dimaksudkan agar model yang dihasilkan adalah model terbaik, sehingga nantinya dapat digunakan sebagai acuan interpretasi. Berikut merupakan grafik data untuk harga minyak mentah dunia.



Gambar 1. Harga Minyak Mentah Dunia Berdasarkan Waktu Tahun 2020 - 2022

Berdasarkan Gambar 1, selama bulan Maret 2020 hingga Maret 2022 terlihat terdapat tren kenaikan harga minyak mentah dunia. Harga minyak mentah terendah terjadi pada pengamatan ke-5 yakni tanggal 19 April 2020 dan minyak mentah mencapai harga tertinggi pada pengamatan ke-103 tanggal 27 Februari 2022. Berikut merupakan grafik *scatterplot* untuk data persentase penduduk miskin berdasarkan pertumbuhan ekonomi menggunakan data *in sample*.



Gambar 2. *Scatterplot* Harga Minyak Mentah Dunia berdasarkan Waktu Tahun 2020 - 2022

Berdasarkan Gambar 2, Plot menunjukkan bahwa terdapat pola grafik berupa fluktuasi dengan tren meningkat pada data harga minyak mentah dunia berdasarkan waktu tahun 2020-2022. Kemudian, terlihat bahwa data tidak membentuk linier, kuadratik ataupun kubik sehingga akan dilakukan pendekatan regresi nonparametrik. Pendekatan regresi nonparametrik digunakan untuk data yang polanya tidak diketahui bentuknya.

Estimator *penalized spline* menggunakan titik knot di setiap titik nilai variabel prediktor dan menentukan orde polinomial dari persamaan regresinya. Untuk mengetahui model yang baik digunakan kriteria GCV dimana jika GCV nya minimum maka model itu baik. Selain itu untuk mengetahui kebaikan model juga menggunakan MSE.

Hasil ukuran kesesuaian untuk setiap model adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Kesesuaian Model Regresi Nonparametrik

Orde Polinomial	Jumlah Knot	Titik Knot	Ukuran Kesesuaian model		λ Optimal
			GCV	MSE	
1	1	75	42.13993	40.01347	14
	2	4	42.14479	40.02331	15
		75			
	2	45	41.92042	39.01288	3
		75			
	2	58	39.61756	36.75444	0.5
		75			
3	4	90.04327	85.20849	2	
	45				
3	58	89.57187	85.21511	18	
	4				
	45				
	75				

Berdasarkan Tabel 2. Penentuan titik knot diperoleh dari periode puncak COVID-19 yakni sebagai berikut :

13 April 2020 : Puncak Covid Pertama Kali dari Wuhan, China (Titik Knot 4)

25 Januari 2021: Puncak Covid Kedua, Setelah Kasus Varians Mu (Titik Knot 45)

30 April 2021 : Puncak Covid Ketiga (Titik Knot 58)

25 Agustus 2021 : Puncak Covid Keempat (Titik Knot 75)

8 Februari 2022 : Puncak Covid Terakhir, Setelah terjadi Varians Omicron (Titik Knot 99)

Setelah menentukan beberapa titik knot sesuai dengan periode puncak covid-19. Dilakukan kombinasi knot tersebut dan diperoleh nilai GCV minimum terjadi saat estimasi model dilakukan pada orde polynomial 1 dengan jumlah titik knot sebanyak 2 yaitu 58 dan 75 menghasilkan MSE sebesar 36.75444. dengan Nilai GCV dan MSE yang dihasilkan saat estimasi model dilakukan dengan kombinasi knot lainnya tidak lebih baik dari orde polinomial sebesar 1 dengan titik knot 58 dan 75 sebelumnya. Kemudian untuk nilai lambda optimal sebesar 0.5 sehingga menghasilkan GCV minimum.

Oleh karena itu, dipilih estimasi model terbaik dengan orde 1, jumlah titik knot 2 (58 dan 75) sehingga diperoleh estimasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Estimasi Model

Parameter	Nilai
β_0	22.98476
β_1	0.7178263
β_2	-0.4543038
β_3	0.707428

Dengan demikian persamaan model regresi nonparametrik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{y} = 22.98476 + 0.7178263x - 0.4543038 (x - 58)_+ + 0.707428 (x - 75)_+$$

yang juga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{y} = \begin{cases} 22.98476 + 0.7178263x & \text{untuk } x < 58 \\ 49.33438 + 0.26352x & \text{untuk } 58 \leq x < 75 \\ -3.72272 + 0.97095x & \text{untuk } \geq 75 \end{cases}$$

Dapat dijelaskan bahwa ketika periode puncak covid sebelum 30 April 2021, maka pertambahan 1 periode menyebabkan kenaikan harga minyak mentah dunia sebesar 0.7178263 USD yang diinterpretasikan dengan persamaan $\hat{y} = 22.98476 + 0.7178263x$. ketika periode puncak covid dari tanggal 30 April 2021 – 25 Agustus 2021 maka setiap pertambahan 1 periode menyebabkan kenaikan harga minyak mentah dunia sebesar 0.26352 USD yang diinterpretasikan dengan persamaan $\hat{y} = 49.33438 + 0.26352x$. Ketika periode puncak covid setelah 25

Agustus 2021, maka setiap penambahan 1 periode menyebabkan kenaikan harga minyak mentah dunia sebesar 0.97095 USD yang diinterpretasikan dengan persamaan $\hat{y} = -3.72272 + 0.97095x$.

Pola perubahan harga minyak mentah dunia dapat diinterpretasikan melalui model regresi *penalized spline* dengan orde polinomial 1 berdasarkan kriteria GCV minimum yang dibandingkan dengan orde lainnya dan terdapat kecenderungan harga minyak mentah dunia semakin menurun selama penambahan waktu (minggu). Titik knot optimal pada titik 0.5 yang menunjukkan bahwa setelah penambahan waktu terdapat perubahan pola harga minyak mentah dunia sebesar 0.5%.

Setelah mendapatkan model estimasi harga minyak dunia menggunakan metode *penalized-spline* maka dapat dilakukan estimasi pada data *in sample*, *out sample*, dan *overall*. Namun sebelumnya perlu adanya pembuktian terlebih dahulu bahwa model nonparametrik estimator *penalized-spline* tersebut menghasilkan estimasi yang baik dengan melihat nilai *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE). MAPE didapatkan melalui estimasi beberapa daerah secara berulang (interpolasi) pada waktu tertentu. Setelah didapatkan hasil estimasi, selanjutnya akan didapatkan *error* (selisih nilai hasil dugaan dengan nilai sebenarnya).

Lalu rata-rata beberapa selisih hasil dugaan dengan nilai sebenarnya tersebut dinyatakan dalam bentuk persentase. Persamaan untuk menghitung MAPE dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100\%$$

Dengan y_i merupakan nilai aktual, \hat{y}_i merupakan nilai dugaan hasil estimasi dengan model nonparametrik *penalized-spline* dan n merupakan banyaknya pengamatan pada estimasi. Berikut adalah perbandingan data *in sample* dengan hasil estimasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Estimasi data *In Sample* dengan Estimator *Penalized Spline*

Periode	Data In Sample	Hasil Estimasi	APE (%)
1	21.51	23.70258	10.19331
2	28.34	24.420410	13.83059
:	:	:	:
:	:	:	:

Pemodelan Harga Minyak Mentah Dunia Berdasarkan Efek Pandemi Covid-19 Dengan Estimator Penalized Spline

105	113.9	98.22707	13.76025
106	99.27	99.1980	0.072509
MAPE			9.08467

Dapat dilihat bahwa nilai MAPE yang dihasilkan berdasarkan model estimator *penalized-spline* pada data *in sample* adalah sebesar 9.08467%. Hal tersebut berarti bahwa hasil prediksi menggunakan model estimator *penalized-spline* dapat menghasilkan estimasi yang sangat baik karena nilai MAPE berada diantara 0%-10%. Selanjutnya adalah melakukan estimasi pada data *out sample* untuk melihat kebaikan hasil prediksi dari model nonparametrik dengan estimator *penalized-spline* yang telah ditentukan. Berikut adalah perbandingan data *out sample* dengan hasil estimasi, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Estimasi data *Out Sample* dengan Estimator *Penalized Spline*

Data Out Sampel	Hasil estimasi	APE (%)
98.26	114.42524	16.451496
106.95	113.31304	5.9495465
102.07	112.20085	9.9253943
MAPE		10.775479

Dapat dilihat bahwa nilai MAPE yang dihasilkan berdasarkan model estimator *penalized-spline* pada data *out sample* adalah sebesar 10.77%. Hal tersebut berarti bahwa hasil prediksi menggunakan model estimator *penalized-spline* dapat menghasilkan estimasi yang baik karena nilai MAPE berada diantara 10%-20%.

Setelah didapatkan nilai MAPE dari model estimator *penalized spline* dengan menggunakan data *in sample* dan *out sample*, langkah selanjutnya adalah membandingkan nilai keduanya. Perbandingan dilakukan untuk melihat model terbaik yang dapat digunakan untuk melakukan estimasi. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan MAPE pada data *in sample* dan *out sample*

Data	Metode	MAPE (%)
In Sample	Penalized Spline	9.08467
Out Sample	Penalized Spline	10.775479

Menurut Lewis (1982), nilai MAPE dapat diinterpretasikan atau ditafsirkan ke dalam 4 kategori yaitu seperti dalam Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Kategori Nilai MAPE

Tingkat Akurasi MAPE	Keterangan
<10%	Kemampuan Model Peramalan Sangat Akurat
10-20%	Kemampuan Model Peramalan Akurat
20-50%	Kemampuan Model Peramalan Cukup Akurat
>50%	Kemampuan Model Peramalan Tidak Akurat

Berdasarkan pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa nilai MAPE yang dihasilkan oleh estimator *penalized spline* pada data *out sample* yakni sebesar 10,77% yang dikategorikan bahwa kemampuan model peramalan baik. Dengan demikian, estimator *penalized spline* lebih baik digunakan untuk mengestimasi data harga minyak mentah dunia yang dipengaruhi periode masa pandemi Covid-19 di Indonesia untuk periode berikutnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, pemodelan dengan estimator *penalized spline* memiliki akurasi yang baik dalam memprediksi harga minyak mentah dunia berdasarkan efek pandemi covid-19 dengan MAPE sebesar 8.1624%. Dalam hal ini, kondisi pandemi Covid-19 memberikan efek terhadap kenaikan maupun penurunan harga minyak mentah dunia. Keberlanjutan dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai rujukan untuk mengevaluasi kebijakan terkait penentuan harga minyak mentah dunia dan kebijakan pengolahan bahan bakar fosil guna mengatasi dan mengantisipasi masalah resesi ekonomi pada tahun 2023. Saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat menambah periode waktu sebelum efek pandemi covid-19 dan dibandingkan dengan setelah pandemi covid-19 sehingga model yang diperoleh memiliki akurasi yang lebih tinggi dan dapat mempertimbangkan kembali dalam Penentuan kebijakan. Selain itu, pemodelan juga dapat dilakukan dengan mempertimbangkan pendekatan seperti pendekatan

estimator *deret Fourier* dan menambah faktor lain yang memengaruhi harga minyak dunia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada Dr. Nur Chamidah, M.Si. selaku dosen pengampu mata kuliah analisis regresi nonparametrik dalam membimbing, memberikan saran dan masukan untuk penyusunan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afa, I. B., Suparti, S., dan Rahmawati, R. (2018). PEMODELAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN MENGGUNAKAN REGRESI SPLINE MULTIVARIABEL. *Jurnal Gaussian*, 260-269.
- Eubank, R. (1998). *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. Marcel Dekker, New York.
- Eubank, R. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. Second Edition, Marcel Dekker, New York.
- Darma Nasution, D. A., Erlina, dan Muda, I. (2020). Dampak Pandemi Covid-19 terhadap Perekonomian Indonesia. *Benefita* 5(2), 213.
- Fauzannisa, R. A., Yasin, H., dan Ispriyanti, D. (2015). Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia Menggunakan Radial Basis Function Neural Network. *Jurnal Gaussian*, Vol. 5, No.1, 193-202.
- Hartono, D. S. (2011). Dampak Kenaikan Harga BBM di Pasar Dunia Tantangan Bagi Perekonomian Indonesia. *Value Added*, Vol. 7, No. 2, Maret 2011 - Agustus 2011, 22-24.
- Kiki, R. (2021). Pemodelan Harga Minyak West Texas Intermediate Menggunakan Model ARIMA, ARFIMA, Fuzzy Time Series Markov Chain dan Hybrid ARIMA-FTSMC. 1-2.
- Nizar, M. A. (2012). Dampak Fluktuasi Harga Minyak Dunia Terhadap Perekonomian Indonesia. *Buletin Ilmiah Perdagangan* Vol. 6 No.2, 190.
- Novitasari, I. (2013). Pengaruh Inflasi, Harga Minyak Mentah Indonesia, dan Suku Bunga (BI Rate) terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). 1-2.

Naufal Ramadhan Al Akhwal Siregar, Farida, Sabrina Falasifah, Muhammad Falah El Fahmi, Nur Chamidah

Suryahadi, A., Al Izzati, R, dan Suryadarma, D. (2020). *The Impact of Covid-19 Outbreak on Poverty: An Estimation for Indonesia*. Jakarta : The SMERU Research Institute.

Wirabrata, A. (2019). Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik di Indonesia. *Kajian Singkat Terhadap Isu Aktual dan Strategis*, 19-20.