

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis regresi adalah metode statistika yang memegang peran krusial dalam memahami hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon (Islamiyati, 2018). Dalam analisis regresi, terdapat tiga pendekatan yang digunakan untuk mengestimasi kurva regresi yaitu pendekatan parametrik, semiparametrik, dan nonparametrik. Regresi parametrik digunakan apabila bentuk kurva regresinya diketahui seperti linier, kuadratik, kubik, eksponensial dan lain sebagainya, sehingga memerlukan pemenuhan asumsi klasik seperti normalitas dan homoskedastisitas (Hardle, 1994). Namun dalam praktiknya, asumsi ini sering tidak terpenuhi, terutama pada data dengan pola kompleks (Sakinah et al., 2022). Kondisi inilah yang melatarbelakangi pengembangan regresi nonparametrik sebagai alternatif fleksibel tanpa asumsi bentuk fungsi (Anisa et al., 2019).

Regresi nonparametrik mengestimasi kurva secara adaptif berdasarkan data, sehingga menghindari kesalahan spesifikasi model (Zebua, 2021). Pendekatan ini menggunakan teknik *smoothing* (Nurjaina et al., 2022). Beberapa teknik *smoothing* tersebut, antara lain histogram, kernel, deret orthogonal, spline, KNN, deret *fourier* dan *wavelet* (Rumlawang et al., 2018). Menurut Anisa et al. (2019), salah satu metode estimasi parameter regresi nonparametrik yang sering digunakan adalah pendekatan kernel yang memiliki bentuk yang fleksibel dan mampu mencapai tingkat kekonvergenan yang relatif cepat. Estimasi pada estimator kernel dilakukan di setiap titik data sehingga menghasilkan kurva yang lebih mulus (Harizahayu, 2021).

Model kernel digunakan untuk memodelkan data yang berpola acak, tidak memiliki kriteria khusus untuk pola data amatan serta mengabaikan syarat-syarat asumsi klasik yang harus dipenuhi seperti halnya pada regresi parametrik (Fitri et al., 2023). Estimasi pendekatan kernel tergantung pada dua parameter yaitu *bandwidth* dan fungsi kernel (Anisa et al., 2019). Regresi kernel memiliki beberapa fungsi, diantaranya kernel Uniform, Triangle, Epanechnikov, Gaussian, dan Kuartik (Hardle, 1994). Diantara kelima fungsi kernel tersebut pada penelitian ini dipilih fungsi kernel Epanechnikov. Kernel Epanechnikov merupakan fungsi kernel yang mempunyai laju konvergensi lebih cepat menuju nilai yang diestimasi dibanding fungsi kernel yang lainnya (Hastie & Tibshirani, 1990) selain itu, pada penelitian Alkhazaalh & Al-zoubi (2021), fungsi kernel Epanechnikov merupakan fungsi kontinu dan memiliki *Mean Square Error* (MSE) terkecil. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan & Suwarman pada tahun (2018), membandingkan semua fungsi kernel untuk perhitungan *economic capital* menunjukkan bahwa fungsi Epanechnikov memberikan hasil yang paling efisien.

Kualitas estimasi kernel sangat bergantung pada pemilihan *bandwidth* optimum.



Hardle, 1994), jika *bandwidth* terlalu kecil menyebabkan fungsi regresi menghasilkan estimasi kasar. Di sisi lain, *bandwidth* yang terlalu besar fungsi regresi menjadi bias dan estimasi menjadi tidak akurat (Zebua, 2021). Salah-satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam pemilihan *bandwidth* optimum adalah metode *cross validation* (CV) (Suparti & Suwarman, 2018). Meskipun metode ini populer karena bersifat data-driven dan tidak

memerlukan asumsi distribusi tertentu, CV memiliki kelemahan utama yang cukup signifikan, terutama pada konteks data berskala besar. Pemilihan *bandwidth* melalui CV cenderung menghasilkan variabilitas yang tinggi, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan estimasi (Ures et al., 2021). Untuk mempermudah proses pencarian tersebut, dalam penelitian ini digunakan pendekatan yang lebih sistematis dan inovatif, yaitu dengan mengimplementasikan *Bat Algorithm* sebagai salah satu metode optimasi. *Bat Algorithm* (BA) adalah salah satu algoritma *metaheuristic* baru yang diperkenalkan oleh Xin-She Yang tahun 2010. Algoritma ini terinspirasi dari perilaku kelelawar dalam membedakan sumber makanan dan rintangan serta memperkirakan jarak sumber makanan. Kemampuan tersebut lebih dikenal dengan istilah *echolocation*. Keunggulan metode yang diusulkan dalam berbagai contoh simulasi dan aplikasi data riil telah dibuktikan. Penelitian yang dilakukan oleh Marwah dan Zakariya (2021) dengan pemilihan *bandwidth* pada regresi nonparametrik kernel menggunakan *Bat Algorithm* pada data Perusahaan Komunikasi ASIACell di Irak diperoleh regresi nonparametrik kernel menggunakan *Bat Algorithm* menghasilkan nilai *Integrated Mean Squared Error* (IMSE) yang lebih baik dibandingkan dengan metode lain seperti CV, GCV dan AIC.

Menurut Halim dan Bisono (2006) estimator kernel dibagi menjadi tiga macam yaitu estimator Nadaraya-Watson, estimator Priestley-Chao dan estimator Gasser-Muller. Pada penelitian ini akan digunakan estimator Nadaraya-Watson untuk mengestimasi fungsi regresi. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmadia dkk (2023) menggunakan pendekatan regresi nonparametrik kernel dengan objek data amatannya yaitu Jakarta Islamic Indeks (JII) dilakukan dengan membandingkan metode regresi nonparametrik dan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Metode terbaik yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah metode regresi nonparametrik kernel. Penelitian Ayuningtyas (2018), menggunakan regresi linear dan regresi nonparametrik kernel Nadaraya-Watson untuk memprediksi Indeks Harga Saham Indonesia (IHSG). Kesimpulan penelitiannya bahwa metode terbaik adalah metode regresi nonparametrik kernel Nadaraya-Watson. Selanjutnya Herawati et al. (2022), membandingkan estimator Nadaraya-Watson, Priestley-Chao dan Gasser-Muller pada data curah hujan di Provinsi Lampung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimator Nadaraya-Watson ditetapkan sebagai estimator. Penelitian yang lainnya yaitu Kesumah & Efendi (2022), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa model regresi nonparametrik dengan estimasi Nadaraya-watson sangat baik digunakan untuk prediksi.

Salah satu faktor terpenting dalam pertumbuhan ekonomi negara ialah investasi (Ardiningrum & Deliza Henny, 2023). Pertumbuhan ekonomi yang terjadi di Indonesia saat ini cukup pesat dan telah mengubah pola pikir masyarakat di bidang ekonomi umumnya dan bidang investasi pada khususnya. Investor banyak memilih saham sebagai instrumen pasar modal untuk berinvestasi karena dapat memberikan menarik dan menimbulkan risiko (Puspitasari et al., 2012). Saat ini, modal, terdapat pasar saham syariah yang menjadi salah satu pilihan Nida et al., 2023). Investasi syariah menjadi terobosan baru yang panti masyarakat Indonesia yang mayoritas beragama Islam. n Syariah Indonesia (ISSI) merupakan indeks saham syariah yang untuk mengetahui pertumbuhan saham syariah di Indonesia. ah seluruh saham syariah yang tercatat di BEI dan masuk dalam



Daftar Efek Syariah (DES) yang diterbitkan oleh Otoritas Jasa Keuangan (OJK) (Sholeh & Ekowati, 2023). Indeks harga saham dapat mengalami kenaikan atau penurunan. Naik turunnya harga saham dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal, antara lain suku bunga, nilai tukar mata uang, harga minyak dunia, dan inflasi. Salah satu upaya untuk membantu investor dalam menentukan keputusan, suatu saham harus dijual, dibeli, atau dipertahankan. Oleh karena itu, diperlukan peramalan atau prediksi. Memprediksi saham dapat membantu investor menghindari kerugian uang dan waktu (Puspitasari et al., 2012). Perubahan harga indeks dari waktu ke waktu sangat memungkinkan bahwa harga saham pada waktu sekarang dipengaruhi oleh harga indeks pada waktu sebelumnya. Salah satu metode dalam statistika yang digunakan untuk memodelkan data runtun waktu yaitu ARIMA atau regresi. Pemodelan ARIMA mensyaratkan terpenuhinya asumsi klasik seperti stasioneritas data, normalitas residual, non autokorelasi residual dan homoskedastisitas residual. Pemodelan data runtun waktu yang tidak memiliki syarat terpenuhinya asumsi khusus yaitu menggunakan model nonparametrik (Fitri et al., 2023).

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini akan mengimplementasikan regresi nonparametrik menggunakan estimator Nadaraya-Watson dengan fungsi kernel Epanechnikov. Pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan *Cross Validation* (CV) yang dioptimasi menggunakan *Bat Algorithm* (BA) dan diterapkan pada data Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan nilai *bandwidth* optimum pada estimator Nadaraya-Watson dengan fungsi kernel Epanechnikov menggunakan metode *Cross Validation* yang dioptimasi menggunakan *Bat Algorithm* (BA) pada data Indeks Saham Syariah Indonesia?
2. Bagaimana bentuk model regresi nonparametrik kernel menggunakan estimator Nadaraya-Watson dalam memodelkan data Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) berdasarkan variabel yang mempengaruhinya yaitu kurs, suku bunga, inflasi dan harga minyak dunia?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model regresi yang digunakan adalah regresi nonparametrik kernel dengan estimator Nadaraya-Watson.
2. Fungsi kernel yang digunakan terbatas pada kernel Epanechnikov
3. Pemilihan *bandwidth* dilakukan menggunakan metode CV dan proses dilakukan dengan BA.



inakan adalah data indeks saham syariah Indonesia, suku bunga, yak dunia dan Inflasi pada periode 2013-2023.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh nilai *bandwidth* optimum pada estimator Nadaraya-Watson dengan fungsi kernel Epanechnikov menggunakan metode *Cross Validation* yang dioptimasi menggunakan *Bat Algorithm* (BA) pada data Indeks Saham Syariah Indonesia.
2. Memperoleh model regresi nonparametrik kernel dengan estimator Nadaraya-Watson untuk data Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) berdasarkan variabel yang mempengaruhinya yaitu kurs, suku bunga, inflasi dan harga minyak dunia.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah khazanah literatur dalam kajian pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Saham Syariah Indonesia dengan pendekatan fungsi kernel Epanechnikov estimator Nadaraya-Watson.
2. Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut mengenai metode regresi nonparametrik kernel.

1.6 Kajian Teori

1.6.1 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif merupakan bidang ilmu statistika yang mempelajari cara-cara pengumpulan, penyusunan, dan penyajian data suatu penelitian. Statistik deskriptif adalah bagian dari ilmu statistik yang meringkas, menyajikan dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan informasi tersebut lebih lengkap. Statistik deskriptif hanya berhubungan dengan hal menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau keadaan atau fenomena, dengan kata lain hanya melihat gambaran secara umum dari data yang didapatkan (Perdana et al., 2020).

Statistika deskriptif umumnya digunakan sebagai proses awal dalam merapikan data sebelum dilakukan analisis lebih dalam berbagai bentuk yang dapat dihasilkan dari statistika deskriptif seperti bentuk visualisasinya seperti tabel, grafik atau juga beberapa ukuran dalam data seperti ukuran nilai tempat, pemusatan, dan penyebaran data. Berbagai jenis data yang dihasilkan oleh data dapat dibuat deskripsinya (Martias, 2021). Statistik deskriptif hanya sebatas memberikan informasi data yang digunakan serta sama sekali tidak menarik suatu Kesimpulan tertentu mengenai gugus data induknya.

1.6.2 Rescalina Data



ta adalah proses transformasi data numerik ke dalam skala yang ubah distribusi relatif atau informasi asli dari data tersebut (Octavia ya adalah menyamakan skala variabel agar memiliki rentang nilai ciptakan keseimbangan nilai perbandingan antar data penelitian. ode *rescaling* data yang dapat digunakan yaitu metode *MinMax*. formasikan nilai data berada dalam interval 0 dan 1 (Permana &

Salisah, 2022). Transformasi variabel menggunakan metode *rescaling MinMax* yaitu dengan rumus sebagai berikut (Nasution et al., 2019):

$$z_i^* = \frac{z_i - \min(z)}{\max(z) - \min(z)} \quad (1)$$

dengan:

z	: data aktual keseluruhan
z_i	: data aktual pada observasi ke- i
z_i^*	: data hasil recalling pada observasi ke- i
$\min(z)$	: nilai paling rendah dari z
$\max(z)$	: nilai paling tinggi dari z

1.6.3 Analisis Regresi Nonparametrik

Menurut Hosmer & Lemeshow (2000), analisis regresi adalah teknik statistik yang umum digunakan untuk menentukan hubungan kausal antara variabel tak bebas (*dependent variable*) atau disebut juga variabel respon dengan satu atau lebih variabel bebas (*independent variable*) atau disebut juga variabel prediktor. Dalam analisis regresi, diperlukan suatu model yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat (respon) dengan satu atau lebih variabel bebas (prediktor) dan untuk melakukan peramalan terhadap variabel respon (Fathurahman, 2011). Pendekatan regresi dilakukan dengan tiga pendekatan, yaitu pendekatan parametrik, semiparametrik, dan nonparametrik. Regresi parametrik digunakan apabila bentuk kurva regresi diketahui. Regresi nonparametrik digunakan apabila kurva regresi tidak diketahui bentuk polanya. Adapun regresi semiparametrik merupakan gabungan antara regresi parametrik dan regresi nonparametrik (Sahidah et al., 2022).

Pendekatan nonparametrik merupakan metode statistik yang dapat digunakan untuk mengestimasi pola hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dimana kurva regresinya tidak diketahui (Suparti & Santoso, 2023). Dalam regresi nonparametrik tidak mengharuskan adanya asumsi yang harus dipenuhi dan data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasinya sehingga memiliki fleksibilitas yang tinggi (Saputra & Listyani, 2016). Estimasi fungsi regresi dilakukan berdasarkan data pengamatan dengan menggunakan teknik smoothing tertentu. Oleh karena itu, secara matematis model regresi nonparametrik dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$



ε_i (galat) pada observasi ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$. Fungsi $m(x_i)$ merupakan fungsi regresi. Dalam regresi nonparametrik tidak ada bentuk fungsi regresi $m(x_i)$, sehingga memberikan fleksibilitas dalam bentuk fungsi regresi. Ada beberapa teknik smoothing yang digunakan, antara lain estimator kernel, deret orthogonal, spline, KNN, deret fourier (Sahidah & Srinadi, 2012).

1.6.4 Estimator kernel

Estimator kernel diperkenalkan pertama kali oleh Rosenblatt (1956) dan Parzen (1962) sehingga disebut juga estimator densitas kernel Rosenblatt-Parzen (Hardle, 1994). Estimator kernel adalah pengembangan dari estimator histogram. Suatu histogram disusun dengan meletakkan titik-titik data ke dalam suatu bin atau kelas. Setiap bin dinyatakan secara grafik oleh segiempat dengan lebar sama dan tinggi proporsional dengan banyaknya titik-titik data yang terletak dalam bin tersebut (Putri et al., 2022). Estimator kernel merupakan estimator linear yang sama dengan estimator lainnya, perbedaannya karena kernel lebih khusus dalam penggunaan metode *bandwidth*. Estimator kernel ini umum digunakan dalam model pendekatan nonparametrik. Hal ini disebabkan estimator densitas kernel mempunyai beberapa kelebihan, yaitu:

1. Estimator kernel mempunyai bentuk yang fleksibel dan secara matematik mudah dikerjakan.
2. Estimator kernel mempunyai rata-rata kekonvergenan yang relatif cepat (Herawati et al., 2022).

Penaksir densitas kernel merupakan salah satu pendekatan nonparametrik yang digunakan untuk memperkirakan fungsi densitas probabilitas suatu variabel acak tanpa harus mengasumsikan bentuk distribusi tertentu. Fungsi densitas dari suatu peubah acak kontinu x dapat diperkirakan menggunakan rumus penaksir kernel yang ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$\hat{f}_x(x) = \frac{1}{nh_x} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h_x}\right) \quad (3)$$

Untuk memperluas kemampuan model dalam menangkap karakteristik distribusi data pada konteks yang lebih kompleks, pendekatan kernel dapat pula diterapkan dalam konstruksi model regresi nonparametrik. Dalam kerangka ini, penaksir kernel tidak hanya digunakan untuk memperkirakan fungsi densitas marginal, tetapi juga untuk menyusun estimasi bobot dalam regresi kernel. Estimasi bobot tersebut memanfaatkan fungsi densitas gabungan sebagai dasar pembobotan antara nilai prediktor dan respon. Rumus estimasi fungsi densitas kernel yang digunakan dalam proses ini ditunjukkan pada Persamaan (4).

$$\hat{f}_h(x, y) = \frac{1}{nh_x h_y} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h_x}\right) K\left(\frac{y - y_i}{h_y}\right) \quad (4)$$

dimana



: fungsi kepadatan gabungan dari (x, y)

: fungsi kepadatan marginal x

konsep dasar estimasi densitas kernel untuk peubah acak satu ini dapat diperluas untuk menangani data berdimensi lebih dari satu peubah acak berdimensi m , yaitu $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, dan tersedia n dengan masing-masing observasi ke- i dinotasikan sebagai:

$$x = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}), i = 1, 2, \dots, n.$$

Tujuan kita adalah mengestimasi fungsi kerapatan probabilitas bersama $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ dari peubah tersebut. Untuk itu, estimasi kernel berdimensi lebih dari satu dapat dibentuk sebagai berikut:

$$\hat{f}_{h_1, \dots, h_m}(x_{1i}, \dots, x_{mi}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{h_1 h_2 \dots h_m} K\left(\frac{x_i - x_{i1}}{h_1}, \frac{x_i - x_{i2}}{h_2}, \dots, \frac{x_i - x_{im}}{h_m}\right),$$

Bentuk fungsi kernel multivariat yang umum digunakan adalah *multiplicative kernel*, yaitu hasil perkalian dari kernel univariat pada tiap dimensi (Hardle et al., 2004):

$$K(u) = K(u_1) \cdot K(u_2) \cdot \dots \cdot K(u_m),$$

Dengan demikian fungsi densitas kernel multivariat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{f}_{h_1, \dots, h_m}(x_{1i}, \dots, x_{mi}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^m K_{h_j}\left(\frac{x_j - x_{ji}}{h_j}\right) \quad (5)$$

Estimator ini disebut estimator kepadatan kernel untuk fungsi kepadatan $f(x)$ dan $f(x, y)$. Berdasarkan persamaan tersebut menunjukkan fungsi K merupakan pembobot yang dinamakan fungsi kernel dan h dinamakan parameter penghalus atau *bandwidth*. Menurut Halim dan Bisono (2006) metode kernel terbagi menjadi tiga macam estimator, yaitu sebagai berikut:

1. Estimator Nadaraya-Watson

$$\hat{m}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) y_i}{\sum_{i=1}^n K_h(x - x_i)} \quad (6)$$

2. Estimator Priestley-Chao

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1}) K_h(x - x_i) y_i \quad (7)$$

3. Estimator Gasser-Muller

$$\hat{m}(x_i) = \sum_{i=1}^n \left[\int_{S_{i-1}}^{S_i} K_h(x - x_i) dx \right] Y_i \quad (8)$$



, $S_0 = 0$, dan $S_n = 1$.

gsi kernel dengan *bandwidth* h

- $\hat{m}(x)$: Fungsi taksiran regresi nonparametrik yang memuat variabel prediktor
 x_i : Variabel prediktor pada observasi ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$
 y_i : Variabel respon pada observasi ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$
 h : *Bandwidth*
 x : Variabel acak
 n : Banyak observasi

1.6.5 Fungsi kernel

a. Definisi Fungsi Kernel

Menurut Hardle (1994), Suatu fungsi kernel harus merupakan fungsi kontinyu, berharga riil, simetris dan terbatas. Secara umum fungsi kernel didefinisikan sebagai berikut:

$$K_h(x) = \frac{1}{h} K\left(\frac{x}{h}\right) \quad (9)$$

untuk $-\infty < x < \infty, h > 0$

dengan:

K = fungsi kernel

h = *bandwidth* atau *smoothing parameter*.

Fungsi kernel harus memenuhi beberapa syarat, yaitu (Yuliati & Sihombing, 2020):

- i. $K(x) \geq 0$, untuk semua x
- ii. $\int_{-\infty}^{\infty} K(x) dx = 1$
- iii. $\int_{-\infty}^{\infty} x^2 K(x) dx = \sigma^2 > 0$
- iv. $\int_{-\infty}^{\infty} x K(x) dx = 0$

b. Macam-Macam Fungsi Kernel

Pada estimator kernel terdapat beberapa fungsi kernel yang umum digunakan untuk estimasi data, seperti pada tabel berikut (Hidayat et al., 2019).



Tabel 1. Jenis-Jenis Fungsi Kernel

No	Kernel	$K(x)$
1	Uniform	$K(x) = \frac{1}{2}I(x \leq 1)$
2	Triangle	$K(x) = (1 - x)I(x \leq 1)$
3	Epanechnikov	$K(x) = \frac{3}{4}(1 - x^2)I(x \leq 1)$
4	Kuartik	$K(x) = \frac{15}{16}(1 - x^2)^2I(x \leq 1)$
5	Gaussian	$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right), \text{ untuk } x < \infty$

dengan x disebut sebagai derajat kehalusan dari fungsi kernel dan $k = 0, \dots, x - 1$ merupakan order dari fungsi kernel, serta I disebut sebagai indikator.

$$I(x) = f(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } |x| \leq 1 \\ 0, & \text{jika } |x| > 1 \end{cases}$$

Pada penelitian ini fungsi kernel K yang digunakan adalah fungsi kernel Epanechnikov.

1.6.6 Regresi Kernel

Salah satu metode untuk mengestimasi model regresi nonparametrik pada persamaan (2) adalah regresi kernel. Regresi kernel adalah salah satu metode regresi nonparametrik yang digunakan untuk memperkirakan nilai harapan bersyarat dari suatu variabel acak dengan tujuan untuk menemukan hubungan variabel bebas dan variabel terikat dengan menggunakan bobot fungsi kernel (Yuliati & Sihombing, 2020). Menurut Hardle dalam Saputra dan Listyani (2016), nilai ekspektasi bersyarat dinotasikan dengan $E(Y|X)$. Regresi kernel bertujuan untuk mendapatkan hubungan nonlinier antara variabel X dan Y . Ekspektasi bersyarat Y terhadap X dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} m(x) &= E(Y|X = x) \\ m(x) &= \int_{-\infty}^{\infty} y f(y|x) dy \\ m(x) &= \int_{-\infty}^{\infty} y \frac{f(x, y)}{f_x(x)} dy \end{aligned} \quad (10)$$

Estimasi $m(x)$ diperoleh dari substitusi Persamaan (3) dan (4) ke Persamaan (10).

$$\hat{m}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} y \frac{f(x, y)}{f_x(x)} dy$$

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{f_x(x)} \int_{-\infty}^{\infty} y f(x, y) dy$$

$$\frac{1}{f_x(x)} \int_{-\infty}^{\infty} y \frac{1}{nh_x h_y} \sum_{i=1}^n K_x\left(\frac{x - x_i}{h_x}\right) K_y\left(\frac{y - y_i}{h_y}\right) dy \quad (11)$$



$$\hat{m}(x) = \frac{1}{f_x(x)} \frac{1}{nh_x} \sum_{i=1}^n K_x\left(\frac{x-x_i}{h_x}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{y}{h_y} K_y\left(\frac{y-y_i}{h_y}\right) dy \quad (12)$$

Misalkan $u = \frac{y-y_i}{h_y}$, maka:

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{f_x(x)} \frac{1}{nh_x} \sum_{i=1}^n K_x\left(\frac{x-x_i}{h_x}\right) \int_{-\infty}^{\infty} (u+y_i) K_y(u) du \quad (13)$$

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{f_x(x)} \frac{1}{nh_x} \sum_{i=1}^n K_x\left(\frac{x-x_i}{h_x}\right) \int_{-\infty}^{\infty} u K_y(u) du + y_i \int_{-\infty}^{\infty} K_y(u) du \quad (14)$$

Dengan menggunakan sifat kernel (hal.) $\int_{-\infty}^{\infty} K(u) du = 1$ dan $\int_{-\infty}^{\infty} uK(u) du = 0$, sehingga diperoleh estimator untuk $m(x)$ sebagai berikut:

$$\hat{m}(x) = \frac{\frac{1}{nh_x} \sum_{i=1}^n K_x\left(\frac{x-x_i}{h_x}\right) y_i}{f_x(x)} \quad (15)$$

1.6.7 Estimator Nadaraya-Watson

Pada tahun 1964, Nadaraya dan Watson mengusulkan suatu estimator regresi kernel untuk memperkirakan m sebagai rata-rata tertimbang secara lokal dengan menggunakan kernel sebagai fungsi pembobotan (Saputra & Listyani, 2016). Estimator Nadaraya-Watson diasumsikan bahwa baik variabel bebas maupun variabel terikat, keduanya adalah variabel acak.

Fungsi densitas $f_x(x)$ pada Persamaan (3) disubstitusikan ke Persamaan (15) maka akan diperoleh estimator Nadaraya-Watson dengan $h_x = h$ dan $K_x = K$ sebagai berikut (Härdle, 1994):

$$\begin{aligned} \hat{m}(x) &= \frac{\frac{1}{nh_x h_y} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h_x}\right) y_i}{\frac{1}{nh_x} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h_x}\right)} \\ \hat{m}(x) &= \frac{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) y_i}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)} \end{aligned} \quad (16)$$

Estimator Nadaraya-Watson adalah estimator yang digunakan untuk memperkirakan m sebagai rata-rata tertimbang secara lokal dengan menggunakan kernel sebagai fungsi pembobot. Filosofi utama regresi nonparametrik adalah untuk memperkirakan regresi $m(x)$ menggunakan rata-rata tertimbang dari data mentah dengan menggunakan fungsi jarak dalam ruang x . Secara khusus, bobot adalah fungsi kernel sebagai pembobotan ini diusulkan oleh Nadaraya-Watson (1964) dan dikaitkan dengan observasi y_i , untuk prediksi x_i diperoleh dari:



$$W_i(x) = \frac{K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)} = \frac{k(u)}{\sum_{j=1}^n k(u)} \quad (17)$$

dimana $K(u)$ adalah fungsi menurun dari u dan $h > 0$ disebut *bandwidth*. $K(u)$ adalah fungsi kernel yang dianggap sebagai fungsi kepadatan peluang. $W_i(x)$ merupakan barisan bobot-bobot positif dan memiliki karakteristik $\sum_{i=1}^n W_i(x) = 1$, maka dieproleh:

$$\hat{m}(x) = \sum_{i=1}^n W_i(x) y_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

dengan masing-masing n data diberi bobot berbeda. Sehingga Nadaraya-Watson adalah rata-rata terboboti dari y_i .

1.6.8 Bandwidth Optimum

Bandwidth (h) merupakan parameter pemulus yang berfungsi untuk mengatur kemulusan dari kurva yang diestimasi, maka sangat penting untuk menentukan *bandwidth* yang optimum sehingga estimator yang diperoleh juga optimal (Härdle, 1994). Kurva yang sangat kasar atau under-smoothing dan sangat fluktuatif akan dihasilkan jika *bandwidth* yang digunakan terlalu kecil dan sebaliknya kurva yang sangat mulus atau over-smoothing tetapi tidak sesuai dengan pola data akan dihasilkan jika *bandwidth* yang digunakan terlalu lebar (Puspitasari et al., 2012).

Salah satu metode yang digunakan dalam pemilihan *bandwidth* optimum adalah metode *Cross Validation* (CV). CV didefinisikan sebagai berikut (Sakinah et al., 2022):

$$CV(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{m}(x_i))^2 \quad (19)$$

Bandwidth optimum diperoleh dari *bandwidth* yang menghasilkan nilai CV yang terkecil.

$$h_{opt} = \arg \min_h CV(h)$$

$\arg \min h$ adalah notasi yang mengindikasikan bahwa memilih argumen h yang meminimumkan kriteria.

Adapun indikator kebaikan dari model regresi nonparametrik dapat dilihat dengan ukuran *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE mengukur sejauh mana perbedaan antara nilai estimasi yang dihasilkan oleh model dengan nilai aktual. Secara umum rumus RMSE dijelaskan sebagai berikut (Saidi et al., 2021):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (20)$$



y_i = data aktual pada periode ke- i

$\hat{y}_i$ = data estimasi pada periode ke- i

1.6.9 Bat Optimization Algorithm

Bat Algorithm adalah salah satu metode metaheuristik baru yang diusulkan oleh Yang pada tahun 2010 yang telah menarik perhatian banyak peneliti dari berbagai bidang karena kemampuan ekolokasi yang luar biasa. Metode ini didasarkan pada kemampuan ekolokasi bat mikro dalam mencari mangsa (Yang, 2010). Ada berbagai jenis kelelawar yang berbeda dalam ukuran dan berat badan, namun memiliki perilaku navigasi dan berburu yang serupa. BA dirancang berdasarkan keunggulan dasar kelelawar saat mencari mangsa. Bat memiliki teknik perambatan suara yang kuat yang berbeda dengan burung lain yang disebut bio-sonar. Bat ketika mengejar mangsa cenderung meningkatkan kecepatan suara yang dipancarkan oleh ultrasound dan mengurangi kenyaringannya (Qasim & Algamal, 2020). Pada umumnya bat menggunakan frekuensi sebesar 25 kHz hingga 150 kHz. Dengan kemampuan ekolokasi canggih yang dimiliki oleh bat, membuatnya dapat terbang di kegelapan dalam mencari makanan tanpa menabrak suatu apapun. Dalam BA, karakteristik ekologi mikrokelelawar dapat diidealisasikan ke dalam aturan-aturan berikut (Zhao & He, 2015):

1. Semua bat menggunakan ekolokasi untuk memperkirakan jarak dan mereka juga mampu membedakan antara makanan atau mangsa dan hambatan di latar belakang melalui mekanisme yang sangat kompleks;
2. Kelelawar terbang secara acak dengan kecepatan v_i pada posisi x_i menggunakan frekuensi tetap f_{min} , Panjang gelombang k yang bervariasi, dan tingkat kebisingan awal A_0 untuk mencari mangsa. Mereka dapat menyesuaikan panjang gelombang (atau frekuensi) dari pulsa yang dipancarkan, serta mengatur laju emisi pulsa $rand \in [0,1]$, tergantung pada kedekatan dengan targetnya; dan
3. Meskipun tingkat kebisingan dapat bervariasi dalam berbagai cara, diasumsikan bahwa kebisingan (*loudness*) berubah dari nilai awal yang besar dan positif A_0 menuju nilai minimum yang konstan A_{min} .

Menurut Yang dan Xin-She (2010) terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam BA sebagai berikut:

1. Posisi

Posisi Bat merupakan representasi dari solusi. Penyesuaian posisi Bat dapat dihitung dengan persamaan (20)

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (21)$$



isi Bat ke- i pada iterasi ke- t
 isi Bat ke- i pada iterasi ke- $t - 1$
 kecepatan Bat ke- i pada iterasi ke- t

2. Frekuensi

Frekuensi merupakan elemen bilangan *real* yang akan mempengaruhi nilai kecepatan. Dihitung dengan persamaan (21)

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \quad (22)$$

Keterangan:

- f_i : frekuensi Bat ke- i
- f_{min} : nilai minimum frekuensi
- f_{max} : nilai maksimum frekuensi
- β : variabel konstan antara 0 dan 1

3. Loudness

Loudness (A) merupakan perubahan dalam suatu iterasi yang terjadi selama pencarian local di sekitar posisi Bat terbaik global dan pencarian local di setiap Bat.

$$x_{baru} = x_{lama} + \varepsilon A^t \quad (23)$$

Keterangan:

- x_{baru} : posisi Bat baru
- x_{lama} : posisi Bat sebelumnya
- A^t : *loudness* rata-rata semua Bat dalam satu iterasi
- ε : bilangan acak antara -1 dan 1

Loudness akan berkurang saat Bat mulai mendekati posisi terbaiknya. Nilai *loudness* dapat dihitung dengan persamaan (23)

$$A_i^{t+1} = \alpha + A_i^t \quad (24)$$

Keterangan:

- A_i^{t+1} : *loudness* Bat ke- i untuk iterasi ke $t + 1$
- A_i^t : *loudness* Bat ke- i untuk iterasi ke t
- α : variabel konstan antara 0 dan 1

4. Kecepatan

Kecepatan masing-masing Bat direpresentasikan dengan bilangan integer positif. Kecepatan pada Bat dapat dihitung dengan persamaan (24)

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i \quad (25)$$

Keterangan:

- v_i^t : kecepatan Bat ke- i pada iterasi ke- t
- v_i^{t-1} : kecepatan Bat ke- i pada iterasi ke- $t - 1$
- $x_i^t - x_*$: perbedaan posisi Bat global (*) dengan Bat ke- i pada iterasi ke- t

5. Pulse Rate

Pulse rate (r) berperan dalam penentuan waktu pencarian local Bat terbaik global yang dilewati. Ketika Bat mendekati posisi terbaik, nilai *pulse rate* akan perlahan-lahan berkurang. Nilai *pulse rate* dapat dihitung dengan persamaan (25)

$$r_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \exp(-\gamma t)] \quad (26)$$



- r_i^{t+1} : *pulse rate* Bat pada iterasi $t + 1$
- r_i^0 : *pulse rate* awal pada Bat
- γ : variabel konstan antara 0 dan 1

1.6.10 Indeks Saham Syariah Indonesia

Saham adalah surat berharga yang mengindikasikan kepemilikan seseorang atas suatu perusahaan. Setiap lembar saham memberikan hak suara dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan perusahaan, yang digunakan dalam rapat tahunan serta pembagian keuntungan (Saputra & Listyani, 2016). Menurut Iswandi et al. (2023), saham adalah salah satu instrumen keuangan yang sangat populer di kalangan masyarakat dan investor untuk berinvestasi di pasar modal. Berinvestasi dalam saham merupakan cara efektif untuk investasi jangka Panjang. Keuntungan dari investasi saham meliputi mendapatkan capital gain atau dividen. Investor mendapat keuntungan dari laba perusahaan disebut dengan dividen, sementara dari selisih harga jual dan harga beli investor mendapat capital gain. Dengan berinvestasi di saham artinya investor mempunyai hak kepemilikan atas perusahaan tersebut. Sebelum membeli saham biasanya para investor akan memperhitungkan harga saham yang ditawarkan pasar modal. Disaat harga saham menurun maka investor enggan untuk berinvestasi di perusahaan tersebut.

Menurut data BEI, kapitalisasi pasar pada tahun 2022 mencapai sekitar Rp9,499 triliun atau naik 15,2% dibandingkan capaian 2021, maka kemungkinan diperkirakan kapitalisasi pasar akan terus meningkat. Dapat dikatakan saham ialah instrumen di pasar modal yang sangat diminati para investor saat ini. Pasar modal adalah pasar yang beroperasi secara terorganisir di mana terdapat aktivitas perdagangan seperti surat-surat berharga, saham, obligasi dan surat-surat berharga lainnya (Khairunisa & Nazir, 2022). Di Indonesia terdapat peraturan yang mengatur tentang pasar modal yakni pada Undang-Undang No. 8 Tahun 1995. Seorang investor yang akan berinvestasi pada saham maka terlebih dahulu harus mengetahui harga saham itu sendiri. Harga sebuah saham adalah rata-rata dari semua arus kas yang diterima dari kepemilikan saham (Zia et al., 2017).

Indek Saham Syariah Indonesia (ISSI) merupakan indeks saham yang mencerminkan keseluruhan saham syariah yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI). Pada saat ISSI diluncurkan pada tanggal 12 Mei 2011, jumlah saham syariah yang tercatat di BEI sebanyak 214 saham. Keberadaan Indek Saham Syariah Indonesia (ISSI) melengkapi indeks syariah yang sudah ada sebelumnya yaitu Jakarta Islamic Index (JII) (Suciningtias & Khoiroh, 2015). Anggota ISSI dipilih dua kali setahun, pada bulan Mei dan bulan November, menurut Daftar Efek Syariah yang revisi. Oleh karena itu, akan selalu ada saham Syariah yang dimasukkan atau dikeluarkan dalam komponen ISSI pada setiap periode opsi. Metode perhitungan ISSI mengikuti metode perhitungan indeks pasar saham lain dari Bursa Efek Indonesia, yaitu rata-rata tertimbang kapitalisasi pasar dengan menggunakan Desember 2007 sebagai tahun dasar perhitungan ISSI (Andriani



in tujuan dari ISSI sebagai patokan dalam menghitung kinerja 1 syariah dan sebagai upaya meningkatkan investasi syariah serta atan berinvestasi dengan prinsip syariah. ISSI adalah indikator dan syariah dan tercatat di BEI karena termasuk saham yang telah bagai sebagai saham syariah dan dirangkum di dalam Daftar Efek in daftar ISSI sebanyak 440 saham di periode 6 Juli 2021 (Nur &

Menurut Bursa Efek Indonesia, Saham syariah adalah jenis sekuritas yang memberikan hak untuk berbagi keuntungan dari suatu perusahaan dan mematuhi prinsip-prinsip pasar modal syariah. Perusahaan yang menerbitkan saham syariah tidak diperbolehkan melakukan kegiatan berikut:

- Perjudian dan permainan tergolong dalam perjudian
- Perdagangan yang tidak disertai dengan penyerahan barang atau jasa dan perdagangan dengan penawaran atau permintaan palsu
- Jasa keuangan ribawi, antara lain lembaga penyimpanan berbasis bunga
- Resiko jual beli yang mengandung unsur ketidakpastian (gharar)
- Memperdagangkan barang atau jasa yang tidak sah dan merugikan secara moral (termasuk merugikan/merugikan) sesuai dengan ketentuan DSN-MUI.
- Melakukan transaksi yang mengandung unsur suap.

Emiten juga harus memenuhi rasio keuangan berikut (Bursa Efek Indonesia, 2018):

- Total utang yang berbasis bunga dibandingkan dengan total aset tidak lebih dari 45%, atau
- Total pendapatan bunga dan pendapatan tidak halal lainnya dibandingkan dengan total pendapatan usaha dan pendapatan lain-lain tidak lebih dari 10%.

Beberapa faktor ekonomi yang mempengaruhi ISSI yaitu nilai tukar (kurs) rupiah terhadap dolar Amerika, tingkat suku bunga di Indonesia, harga minyak bumi dan inflasi.

a. Nilai Tukar Mata Uang

Nilai tukar mata uang merupakan rasio nilai uang negara pada mata uang negara asing lain. Definisi lainnya terkait *exchange rate* (nilai tukar mata uang) yakni pertukaran antara dua mata uang yang berbeda, yakni perbandingan harga mata uang atau nilai kedua mata uang itu. Nilai tukar umumnya berubah, bisa dalam bentuk apresiasi maupun depresiasi. Depresiasi mata uang Rupiah pada Dollar US, maka harga mata uang Rupiah pada Dollar US menurun. Sementara apresiasi mata uang Rupiah pada Dollar US ialah meningkatnya harga mata uang Rupiah pada Dollar US (Yudi Pratama, 2023).

Penurunan nilai tukar rupiah terhadap dollar AS berdampak pada meningkatnya biaya impor bahan baku dan peralatan yang dibutuhkan Perusahaan, sehingga menyebabkan peningkatan biaya produksi. Dengan kata lain, pelemahan nilai tukar rupiah terhadap dollar AS merugikan perekonomian nasional dan pada akhirnya menurunkan kinerja saham di pasar modal. Kenaikan tajam nilai tukar dollar AS terhadap rupiah akan berdampak negatif bagi emiten yang memiliki utang dalam bentuk dollar, sementara produk mereka dijual secara local. Sebaliknya, emiten yang berorientasi ekspor akan mendapatkan dampak positif dari kenaikan nilai tukar dollar AS tersebut.



terdampak negatif cenderung mengalami penurunan harga saham. Emiten yang terdampak positif akan mengalami kenaikan harga saham (Nugroho et al., 2020). Nilai tukar akan memengaruhi sektor perdagangan dan aktivitas ekspor-impor. Pasar modal Indonesia juga tidak terlepas dari pengaruh nilai tukar. Perusahaan yang melakukan transaksi perdagangan menggunakan mata uang asing, sehingga perubahan nilai tukar IDR/USD diperkirakan akan mempengaruhi indeks saham (Nugroho et al., 2023).

b. Suku Bunga

Menurut Dwi Asmara dkk (2024), tingkat bunga adalah harga yang harus dibayar oleh peminjam untuk memperoleh dana dari pemberi pinjaman untuk jangka waktu tertentu. Bunga merupakan imbalan yang diberikan kepada seseorang atas sejumlah pinjaman atau Tabungan, Dimana besarnya ditentukan dalam bentuk persentase. Tingkat suku bunga menentukan besarnya Tabungan ataupun investasi. Jika terjadi kenaikan dalam suku bunga akan mengurangi keinginan Masyarakat investor untuk melakukan investasi tetapi justru akan menambah penawaran terhadap tabungan.

Tingkat suku bunga adalah indikator ekonomi yang berperan menghubungkan sektor moneter dengan sektor riil, karenanya pengendalian suku bunga merupakan kebijakan moneter dan iklim investasi. Tingkat suku bunga merupakan ukuran keuntungan investasi yang dapat diperoleh oleh investor dari aset tanpa resiko (*Risk-Free Rate*), atau juga merupakan ukuran biaya modal yang harus dikeluarkan oleh Perusahaan untuk menggunakan dana dari investor (Andriyani & Armereo, 2016). Hubungan antara tingkat bunga dengan harga saham adalah negatif. Apabila terjadi kenaikan tingkat suku bunga, maka pergerakan harga saham akan menurun, sebaliknya apabila terjadi penurunan tingkat suku bunga, maka harga saham akan naik. Semakin tinggi tingkat bunga perbankan, akan menyebabkan investor mengalihkan investasinya pada investasi di perbankan, obligasi atau aset-aset keuangan berpendapatan tetap. Karena investor mengurangi portofolio saham dengan melepas saham, maka suplai saham di bursa saham meningkat dan selanjutnya akan menyebabkan penurunan harga saham tersebut (Suhardi, 2020).

c. Inflasi

Inflasi yaitu kenaikan tingkat harga yang terjadi secara terus-menerus, memengaruhi individu, pengusaha dan pemerintah. Bagi kalangan investor sangat penting untuk menurunkan inflasi karena peningkatan inflasi secara relatif merupakan sinyal negatif bagi pemodal di pasar modal. Jika inflasi meningkat, pendapatan dan biaya Perusahaan akan meningkat yaitu Ketika peningkatan biaya produksi lebih tinggi daripada peningkatan harga yang dinikmati Perusahaan maka profitabilitas perusahaan akan turun (Rachmawati & Laila, 2015).

d. Harga Minyak Dunia (*World Oil Prices*)

Konsep harga minyak dunia merujuk pada harga pasar global mentah dan turunannya. Harga minyak dunia memainkan peran penting dalam perekonomian global, karena memengaruhi biaya produksi, harga konsumen, dan kinerja sektor energi secara keseluruhan. Fluktuasi harga minyak dunia dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk penawaran global, geopolitik, kebijakan produksi negara-negara penghasil, serta faktor ekonomi lainnya.

Harga minyak dunia dapat berdampak signifikan terhadap kinerja ISSI melalui



1. Pertama, kenaikan harga minyak dunia cenderung meningkatkan perusahaan, terutama di sektor-sektor yang sangat bergantung pada energi seperti industri manufaktur dan transportasi. Hal ini dapat menurunkan pendapatan dan akibatnya menurunkan harga saham mereka, yang akan menurunkan nilai ISSI. Investor cenderung menjual saham mereka di pasar saham yang berdampak oleh kenaikan harga minyak dan mencari instrumen

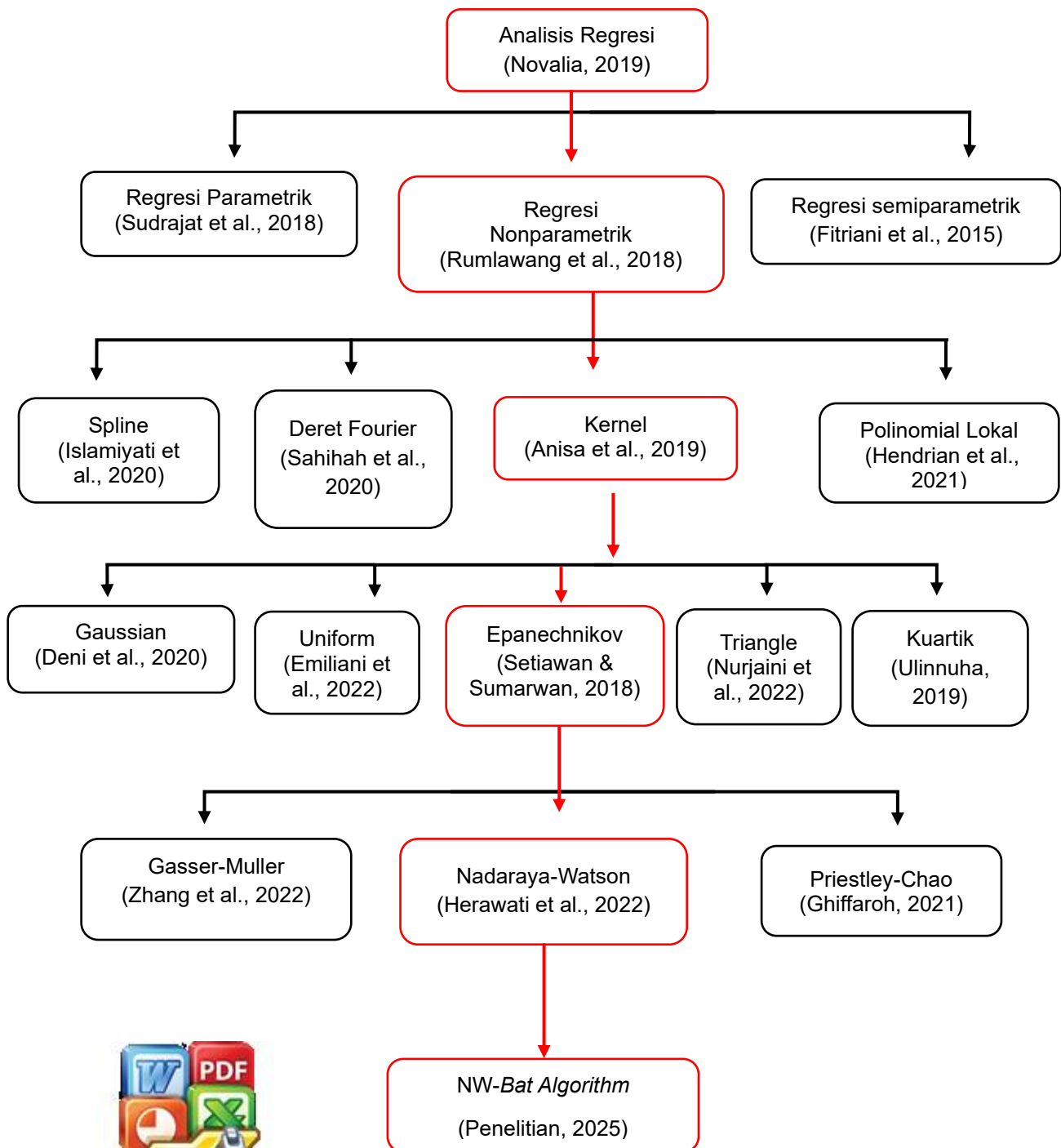
investasi yang lebih stabil, sehingga menyebabkan penurunan nilai ISSI (Latifatunnisa & Sudarsono, 2024).

Harga minyak dunia masih menjadi salah satu indikator dan faktor penting yang mempengaruhi setiap bentuk produksi dan distribusi di dunia yang masih sangat bergantung pada minyak mentah dan turunannya. Karena dampak dari minyak bumi masih sangat besar terhadap perekonomian, terutama dalam proses produksi di sektor industri untuk menghasilkan produk yang melibatkan mesin, transportasi, pembangkitan listrik dan energi, serta aktivitas distribusi, maka setiap fluktuasi dan pergerakan harga minyak dunia akan berdampak besar terhadap perekonomian, baik tingkat internasional maupun pasar modal global yang terintegrasi. Pasar saham mencerminkan tren, kondisi operasional Perusahaan dan perkembangan ekonomi suatu negara, sehingga pengaruh harga minyak terhadap sektor riil perekonomian dapat tercermin dalam pergerakan pasar saham (Nofrianto & Arif, 2023).

Terdapat 27 saham dari perusahaan yang bergerak di sektor energi dan pertambangan yang masuk perhitungan ISSI di BEI, beberapa diantaranya seperti PT Adaro Energy Tbk (ADRO), PT Atlas Resources Tbk (ARII), PT Aneka Tambang (Persero) Tbk (ANTM), PT Ratu Prabu Energi Tbk (ARTI), PT ATPK Resources Tbk (ATPK), PT Baramulti Suksessarana Tbk (BSSR), PT Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk (PTBA), PT Timah (Persero) Tbk (TINS), dan PT Toba Bara Sejahtera Tbk (TOBA). Adapun di sektor minyak dan gas seperti PT Medco Energy International Tbk (MEDC), PT Surya Esa Perkasa Tbk (ESSA), dan PT Elnusa Tbk (ELSA).



1.6.11 Kerangka Konseptual



Gambar 1. Kerangka Konseptual



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari suatu lembaga tanpa perlu melakukan penelitian secara langsung. Peneliti menggunakan data bulanan mulai bulan Januari tahun 2013 hingga bulan Desember 2023 sebanyak 132 data yang diperoleh dari beberapa *website* resmi sebagai berikut: har

1. Data indeks saham syariah bersumber dari *website* otoritas jasa keuangan (<https://ojk.go.id>)
2. Data nilai tukar rupiah dan inflasi bersumber dari *website* Bank Indonesia (<https://www.bi.go.id>)
3. Data suku bunga bersumber dari *website* Badan Pusat Statistik (<https://www.bps.go.id/id>)
4. Data harga minyak dunia bersumber dari *website* investing.com (<https://www.investing.com>)

2.2 Variabel dan Definisi Operasional

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

Tabel 2. Definisi Operasional Variabel

Variabel	Keterangan	Satuan	Definisi Operasional Variabel
Y	ISSI	Rupiah	Ukuran statistik yang mencerminkan pergerakan harga dari sekelompok saham syariah yang dipilih berdasarkan kriteria tertentu
X_1	Kurs	Rupiah	Kurs rupiah terhadap US Dollar menunjukkan berapa rupiah yang dikeluarkan untuk mendapatkan 1 US Dollar
X_2	Suku Bunga	Persen	Harga yang harus dibayar untuk meminjam uang selama periode waktu tertentu dan dinyatakan dalam persentase uang yang dipinjam
X_3	Inflasi	Persen	Kriteria kenaikan harga barang dan jasa secara berkesinambungan dalam periode tertentu.
	Minyak mentah	USD	Harga minyak dunia adalah harga minyak mentah yang diperdagangkan secara internasional oleh WTI (West Texas Intermediate) dan dinyatakan dalam nilai nominal.

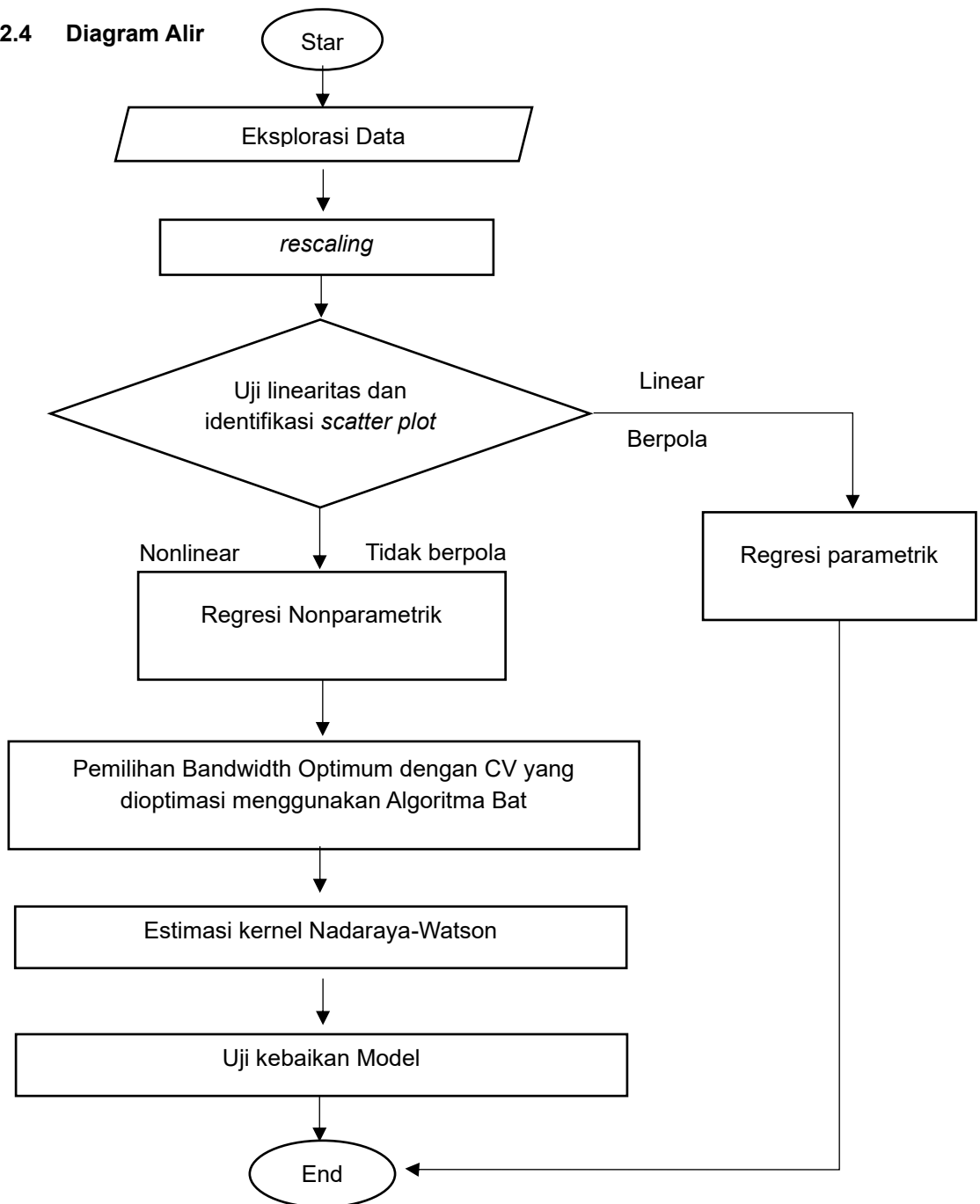
2.3 Metode Analisis

langkah-langkah analisis estimasi kurva ISSI menggunakan estimator Nadaraya-Watson dengan kernel fungsi Epanechnikov sebagai berikut:

1. Deskripsi data dan eksplorasi awal data
 - a. Mengumpulkan data bulanan dari variabel data ISSI, kurs, suku bunga, harga minyak dunia dan inflasi.
 - b. Melakukan visualisasi data secara grafis (plot runtun waktu) untuk mengamati dinamika pergerakan masing-masing variabel dari waktu ke waktu.
 - c. Melakukan *rescaling* seluruh variabel menggunakan metode *z-score normalization* untuk memperoleh data dengan skala yang sama.
 - d. Membuat *scatterplot* antara masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon (ISSI) untuk mengevaluasi bentuk hubungan yang terjadi (linear atau non-linear), sekaligus untuk menilai kelayakan penggunaan pendekatan regresi nonparametrik.
2. Penentuan *bandwidth* optimum
 - a. Menggunakan metode CV untuk mencari nilai *bandwidth* h
 - b. Proses optimasi *bandwidth* dilakukan dengan BA untuk memperoleh nilai h yang meminimalkan nilai fungsi objektif CV.
3. Pemodelan regresi nonparametrik
 - a. Mengimplementasikan model regresi nonparametrik Nadara-Watson menggunakan fungsi kernel Epanechnikov berdasarkan *bandwidth* optimum yang telah diperoleh.
 - b. Model ini digunakan untuk mengestimasi kurva hubungan antara ISSI dan variabel-variabel prediktor dengan pendekatan nonparametrik yang fleksibel, tanpa asumsi bentuk fungsi tertentu.
4. Evaluasi kinerja model
Menilai kinerja model regresi nonparametrik kernel menggunakan metrik *Root Mean Square Error* (RMSE) guna mengukur tingkat keakuratan prediksi model terhadap data observasi.



2.4 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alur Analisis

