

PENDETEKSIAN KRISIS KEUANGAN DI INDONESIA BERDASARKAN INDIKATOR IMPOR DAN EKSPOR MENGGUNAKAN GABUNGAN MODEL VOLATILITAS DAN MARKOV SWITCHING

Sisca Rahma Dwi, Sugiyanto, dan Yuliana Susanti
Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK. Indonesia mengalami krisis keuangan terparah pada pertengahan Juli tahun 1997. Akibat dari krisis tersebut, diperlukan sistem pendeteksian krisis keuangan. Krisis keuangan dapat dideteksi berdasarkan beberapa indikator, diantaranya impor dan ekspor. Berdasarkan impor dan ekspor dari tahun 1987 sampai 2015, pergerakan indikator tersebut dapat dimodelkan dengan *SWARCH* tiga *state*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *SWARCH*(3,1) mampu mendeteksi krisis yang terjadi di Indonesia serta terdapat hubungan antara kondisi indikator tersebut dalam mendeteksi krisis. Hasil pendeteksian diperoleh pada tahun 2016 Indonesia rawan terjadi krisis keuangan.

Kata kunci : *krisis, impor, ekspor, SWARCH, rawan krisis*

1. PENDAHULUAN

Setiap negara mempunyai potensi alam berbeda-beda yang tidak terdapat di negara lain. Hal ini mengakibatkan suatu negara akan membutuhkan produk yang tidak tersedia di negaranya tetapi tersedia di negara lain. Oleh karena itu negara tersebut melakukan perdagangan dengan negara lain, sehingga terjadilah kegiatan impor dan ekspor. Tingginya impor dan rendahnya ekspor dapat mengindikasikan adanya krisis di negara tersebut. Indonesia pernah mengalami krisis terparah yang terjadi pada pertengahan bulan Juli tahun 1997. Akibat krisis tersebut, *International Monetary Fund (IMF)* menganggap perlu diadakan sistem pendeteksian krisis keuangan. Menurut Kaminsky *et al.* [5] terdapat 15 indikator yang dapat digunakan untuk mendeteksi krisis diantaranya adalah impor dan ekspor.

Beberapa model volatilitas yang pernah dikenalkan oleh para ahli yaitu *autoregressive conditional heteroscedasticity (ARCH)*, *generalized autoregressive conditional heteroscedasticity (GARCH)*, dan *exponential generalized autoregressive conditional heteroscedasticity (EGARCH)*. Pada model volatilitas perubahan kondisi yang terjadi pada data diabaikan, namun pada model Markov *switching* perubahan kondisi dianggap sebagai suatu variabel tak teramati yang

disebut dengan *state*. Kemudian Hamilton and Susmel [3] memperkenalkan model Markov *switchingARCH* (*SWARCH*). Model tersebut mampu menjelaskan perubahan *statedan* menggambarkan volatilitas data dengan baik. Model *SWARCH* telah diterapkan oleh beberapa peneliti, misalnya Chang *et al.* [1] menggunakan model *SWARCH* dengan asumsi tiga *state*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa model *SWARCH*(3,2) dapat mengidentifikasi krisis pada pasar saham dan krisis nilai tukar Won Korea per Dollar Amerika Serikat.

Penelitian ini menentukan model yang sesuai untuk pergerakan indikator impor dan ekspor. Model tersebut digunakan untuk mendeteksi dini krisis keuangan pada tahun 2016. Selanjutnya ditentukan hubungan kondisi indikator impor dan ekspor dalam mendeteksi krisis keuangan di Indonesia.

2. MODEL ARMA

Model *ARMA* terdiri dari dua komponen yaitu model *autoregressive* (*AR*) dengan orde p dan model *moving average* (*MA*) dengan orde q (Tsay[7]). Model *ARMA* dapat dituliskan sebagai

$$r_t = \sum_{i=1}^p \phi_i r_{t-i} + a_t - \sum_{i=1}^q \theta_i a_{t-i},$$

dengan r_t adalah nilai log *return* pada waktu ke- t , ϕ adalah parameter model *AR*, θ adalah parameter model *MA*, dan a_t adalah residu model *ARMA* pada waktu ke- t .

3. MODEL VOLATILITAS

Beberapa model volatilitas yang pernah dikenalkan oleh para ahli yaitu

3.1 Model ARCH. Model *ARCH*(m) dapat dituliskan sebagai berikut

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i a_{t-i}^2,$$

dengan $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, m adalah orde dari model *ARCH* dan σ_t^2 adalah variansi residu dari model *ARMA*.

3.2 Model GARCH. Model *GARCH*(p, q) dapat dituliskan sebagai berikut

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2,$$

dengan $\beta_j \geq 0$ dan (p, q) adalah orde dari model *GARCH*.

3.3 Model EGARCH. Model *EGARCH*(r, s) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\log \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i \left(\left| \frac{a_{t-i}}{\sqrt{\sigma_{t-i}^2}} \right| - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right) + \sum_{j=1}^s \beta_j \log \sigma_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \frac{a_{t-i}}{\sqrt{\sigma_{t-i}^2}},$$

dengan $\gamma_j \geq 0$ dan (r, s) adalah orde dari model EGARCH.

4. MODEL SWARCH

Menurut Hamilton and Susmel [3], model SWARCH dapat dituliskan sebagai

$$r_t = \mu_{s_t} + a_t, a_t = \sigma_t \varepsilon_t,$$

$$\sigma_{t,s_t}^2 = \alpha_{0,s_t} + \sum_{i=1}^m \alpha_{i,s_t} a_{t-i}^2,$$

dengan $\varepsilon_t \sim N(0,1)$, dan $s_t = \{1, 2, \dots, k\}$. Persamaan tersebut dikatakan sebagai proses SWARCH dengan state k dan orde m , serta dapat dinotasikan sebagai $a_t \sim \text{SWARCH}(k, m)$.

5. FILTERED PROBABILITY

Filtered probability merupakan probabilitas suatu state pada periode ke- t berdasarkan data pengamatan sampai periode ke- t (Sopipan *et al.* [6]). Menurut Hermosillo and Hesse [4] nilai *filtered probability* yang lebih dari 0,6 berada pada state 3 dengan kondisi volatilitas tinggi atau dapat dikatakan terjadi krisis di periode data tersebut. Nilai *filtered probability* antara 0,4 sampai 0,6 berada pada state 2 dengan kondisi volatilitas sedang atau dapat dikatakan rawan terjadi krisis. Sedangkan nilai *filtered probability* yang kurang dari 0,4 berada pada state 1 dengan kondisi volatilitas rendah atau dapat dikatakan kondisi stabil. Menurut Hamilton [2], *filtered probability* pada state 3 dapat dituliskan sebagai

$$P_r[s_t = 3 | \psi_t] = 1 - P_r[s_t = 1 | \psi_t] - P_r[s_t = 2 | \psi_t],$$

dengan ψ_t adalah himpunan a_t sampai waktu ke- t , $P_r[s_t = 1 | \psi_t]$ adalah *filtered probability* pada state 1 dan $P_r[s_t = 2 | \psi_t]$ adalah *filtered probability* pada state 2.

6. PENDETEKSIAN KRISIS

Untuk mendeteksi krisis dapat dilihat dari nilai *filtered probability* pada state 3 di periode data tersebut. Menurut Sopipan *et al.* [6], peramalan *filtered probability* dapat dituliskan sebagai

$$\Pr(s_t = j | \psi_t) = \sum_{i=1}^3 p_{ij} \Pr(s_{t-1} = i | \psi_{t-1}),$$

dengan p_{ij} adalah probabilitas transisi dari *state* i ke *state* j dan $\Pr(s_{t-1} = i | \psi_{t-1})$ adalah *filtered probability* pada *state* i dan waktu ket $- 1$.

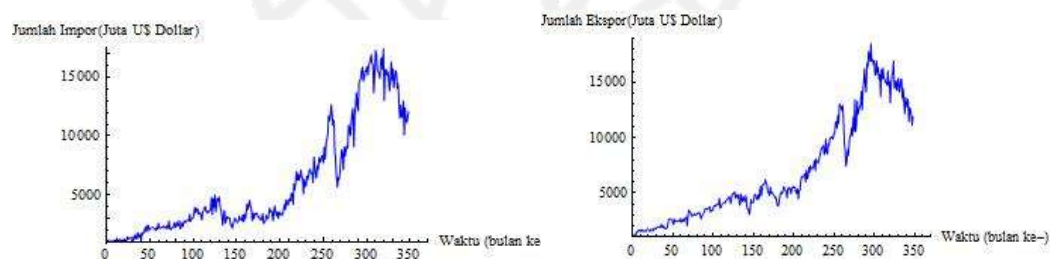
7. METODE PENELITIAN

7.1 Data Penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan impor dan ekspor tahun 1987 sampai 2015 yang diperoleh dari *International Financial Statistics (IFS) CD-ROM* yang diterbitkan oleh *IMF*.

7.2 Langkah-langkah Penelitian. (1) Membuat plot data kemudian menguji kestasioneran data menggunakan uji *augmented* Dickey Fuller (*ADF*). (2) Jika data belum stasioner maka dilakukan transformasi log *return*. (3) Membuat plot *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* dari data log *return* untuk mengetahui *ARMA* yang sesuai. (4) Menguji efek heteroskedastisitas dengan menggunakan uji pengali Lagrange. (5) Membentuk model volatilitas yang sesuai dan gabungan model volatilitas dengan Markov *switching* dengan asumsi tiga *state*. (6) Menghitung nilai *filtered probability* pada *state* 3 untuk mendeteksi krisis. (7) Meramalkan kondisi krisis untuk satu tahun ke depan dan menentukan hubungan kondisi indikator impor dan ekspor.

8. HASIL DAN PEMBAHASAN

8.1 Plot Data. Plot data impor dan ekspor dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

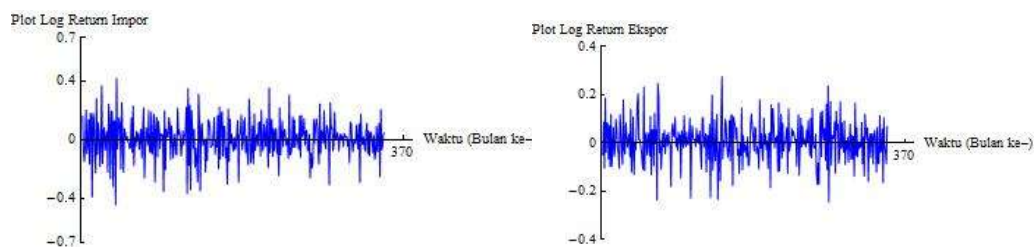


Gambar 1. Plot Data Impor Tahun 1987-2015 Gambar 2. Plot Data Ekspor Tahun 1987-2015

Dari plot data pada Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa data mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Hal tersebut mengindikasikan bahwa

data tidak stasioner, sehingga diperlukan transformasi data menggunakan log *return*.

8.2 Plot Log Return. Plot log *return* impor dan ekspor dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Plot Log Return Impor Gambar 4. Plot Log Return Ekspor

Dapat terlihat bahwa data sudah stasioner dan dibuktikan dengan nilai uji *ADF* sebesar $0,0000 < \alpha = 0,05$. Karena log *return* impor dan ekspor sudah stasioner, maka dapat dimodelkan menggunakan model *ARMA*.

8.3 Pembentukan Model ARMA. Hasil estimasi parameter model *ARMA* berdasarkan plot *ACF* dan *PACF* didapatkan model yang sesuai untuk indikator impor yaitu *ARMA*(2,0) yang dapat dituliskan sebagai

$$r_t = -0,552200 r_{t-1} - 0,287786 r_{t-2} + a_t .$$

Untuk indikator ekspor diperoleh model *ARMA*(1,0) yang dapat dituliskan sebagai

$$r_t = -0,328037 r_{t-1} + a_t .$$

Berdasarkan hasil uji pengali Lagrange diperoleh nilai probabilitas untuk impor sebesar 0,0388 dan ekspor sebesar 0,0007, dengan kedua probabilitas tersebut lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa residu model *ARMA* mengandung efek heteroskedastisitas, sehingga digunakan model volatilitas.

8.4 Pembentukan Model Volatilitas. Model volatilitas terdiri dari *ARCH*, *GARCH*, dan *EGARCH*. Hasil estimasi model *ARCH* untuk indikator impor diperoleh model *ARCH*(1) yang dapat dituliskan sebagai

$$\sigma_t^2 = 0,005780 + 0,196269 a_{t-1}^2 .$$

Untuk indikator ekspor diperoleh model *ARCH*(1) yang dapat dituliskan sebagai

$$\sigma_t^2 = 0,010293 + 0,289039 a_{t-1}^2 ,$$

dengan a_{t-1}^2 adalah residu kuadrat pada waktu ke- $t - 1$. Selanjutnya dilakukan estimasi model *GARCH* dan diperoleh hasil bahwa model *GARCH* memiliki

parameter yang tidak signifikan. Hal ini berakibat model *GARCH* tidak dapat digunakan, sehingga model *EGARCH* juga tidak dapat digunakan. Oleh karena itu model volatilitas yang digunakan adalah model *ARCH(1)*.

Selanjutnya dilakukan uji diagnostik pada residu model *ARCH(1)*. Berdasarkan uji Ljung-Box diperoleh plot nilai probabilitas lebih dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa residu model *ARCH(1)* tidak mengandung autokorelasi. Dari hasil uji pengali Lagrangedan Kolmogorov-Smirnov diperoleh nilai probabilitas untuk impor sebesar 0,8734 dan 0,101 serta ekspor sebesar 0,4512 dan 0,558, nilai probabilitas tersebut lebih besar dari 0,05. Jadi dapat disimpulkan residu model *ARCH(1)* tidak mengandung efek heteroskedastisitas dan berdistribusi normal.

8.5 Pembentukan Gabungan Model Volatilitas dan Markov *switching*.

Diperoleh model volatilitas yang dapat digunakan adalah *ARCH*, sehingga dilakukan pembentukan Model *SWARCH*. Hasil estimasi Model *SWARCH(3,1)* dengan untuk impor dapat dituliskan sebagai

$$r_t = \begin{cases} 0,000022 & \text{untuk state 1} \\ 0,000026 & \text{untuk state 2} \\ 0,000019 & \text{untuk state 3} \end{cases} .$$

Nilai tersebut menunjukkan rata-rata data log *return* pada *state 1* sebesar 0,000022, *state 2* sebesar 0,000026, dan *state 3* sebesar 0,000019. Model heteroskedastisitas dari *SWARCH(3,1)* adalah

$$\sigma_t^2 = \begin{cases} 0,009127 + 0,009127 \sigma_{t-1}^2 & \text{untuk state 1} \\ 0,009127 + 0,009127 \sigma_{t-1}^2 & \text{untuk state 2} \\ 0,009127 + 0,009127 \sigma_{t-1}^2 & \text{untuk state 3} \end{cases} .$$

Sementara perubahan probabilitas dari suatu *state* ke *state* lain dijelaskan dengan matriks probabilitas transisi yang dituliskan sebagai

$$P = \begin{pmatrix} 0,000000 & 0,499999 & 0,099881 \\ 0,000000 & 0,499999 & 0,099881 \\ 0,999999 & 0,000000 & 0,800238 \end{pmatrix} .$$

Nilai tersebut menunjukkan probabilitas perubahan *state* dari rendah ke tinggi sebesar 0,999999, probabilitas untuk bertahan dalam *state* sedang sama dengan perubahan *state* dari sedang ke rendah sebesar 0,499999, dan

probabilitas untuk bertahan dalam *state* tinggi sebesar 0,800238. Selanjutnya model *SWARCH(3,1)* untuk ekspor dapat dituliskan sebagai

$$r_t = \begin{cases} 0,000025 & \text{untuk state 1} \\ 0,000018 & \text{untuk state 2} \\ 0,000027 & \text{untuk state 3} \end{cases}$$

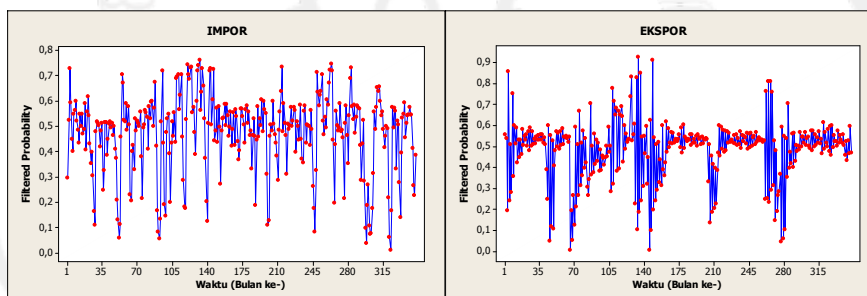
Model heteroskedastisitas dari *SWARCH(3,1)* untuk data ekspor adalah

$$\sigma_t^2 = \begin{cases} 0,237830 + 0,226953 \sigma_{t-1}^2 & \text{untuk state 1} \\ 0,229286 + 0,226953 \sigma_{t-1}^2 & \text{untuk state 2} \\ 0,231370 + 0,226953 \sigma_{t-1}^2 & \text{untuk state 3} \end{cases}$$

Probabilitas perubahan dari suatu *state* ke *state* lain dapat dijelaskan dengan matriks probabilitas transisi yang dituliskan sebagai

$$P = \begin{pmatrix} 0,000000 & 0,000000 & 0,453617 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,453617 \\ 0,999999 & 0,999999 & 0,092766 \end{pmatrix}$$

8.6 Filtered Probability. Nilai *filtered probability* untuk impor dan ekspor disajikan dalam Gambar 5 dan Gambar 6. Terdapat 44 data impor dan 28 data ekspor yang mempunyai nilai *filtered probability* lebih dari 0,6.



Gambar 5. *Filtered Probability* Impor Gambar 6. *Filtered Probability* Ekspor

8.7 Peramalan. Hasil peramalan *filtered probability* berdasarkan indikator impor dan ekspor tahun 2016 disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Peramalan *Filtered Probability* Impor dan Ekspor Tahun 2016

Bulan	Impor	Ekspor	Bulan	Impor	Ekspor
Januari	0,581679	0,573237	Juli	0,570848	0,551595
Februari	0,474497	0,479944	Agustus	0,570937	0,499573
Maret	0,542282	0,564582	September	0,570911	0,546769
April	0,562576	0,487791	Oktober	0,570849	0,503951
Mei	0,568615	0,557458	November	0,570776	0,542797
Juni	0,570374	0,494254	Desember	0,570701	0,507555

Tabel 2 menunjukkan nilai *filtered probability* antara 0,4 sampai 0,6. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rawan terjadi krisis keuangan di Indonesia pada tahun 2016 berdasarkan indikator impor dan ekspor.

8.8 Hubungan Kondisi Indikator Impor dan Ekspor. Untuk menentukan hubungan kondisi indikator digunakan uji *chi square* untuk independensi. Karena nilai $T = 22,70742 > \chi^2_{(0,95;4)} = 9,488$ dan $p - value = 0,000 < \alpha = 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan kondisi antara indikator impor dan ekspor dalam mendeteksi krisis keuangan di Indonesia.

9 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan berikut.

- (1) Model yang sesuai untuk pergerakan indikator impor dan ekspor tahun 1987 sampai 2015 adalah model *SWARCH*(3,1).
- (2) Model *SWARCH*(3,1) mampu memberikan informasi bahwa tahun 2016 rawan terjadi krisis keuangan di Indonesia.
- (3) Terdapat hubungan kondisi indikator impor dan ekspor dalam mendeteksi krisis keuangan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang, K., K. Y. Cho, and M. Hong, *Stock Volatility Foreign Exchange Rate Volatility and The Global Financial Crisis*, *Journal of Economic Research* **15** (2010), 249-272.
- [2] Hamilton, J. D., *A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle*, *Econometrica* **57** (1989), 357-384.
- [3] Hamilton, J. D. and R. Susmel, *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity and Changes in Regime*, *Journal of Econometrics* **64** (1994), 307-333.
- [4] Hermosillo, B.G, and Hesse, H., *Global Market Condition and Systematic risk: IMF*. IMF Working Paper, 2009.
- [5] Kaminsky, G., S. Lizondo, and C. Reinhart, *Leading Indicators of Currency Crises*, IMF Staff Papers **45**, 1998.
- [6] Sopipan, N., Sattayatham, P., and Premanode, B., *Forecasting Volatility of Gold Price Using Markov Regime Switching and Trading Strategy*, *Journal of Mathematical Finance* **2** (2012), 121-131.
- [7] Tsay, R. S., *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley and Sons, Canada, 2005.