

MENDETEKSI KRISIS KEUANGAN DI INDONESIA MENGUNAKAN GABUNGAN MODEL VOLATILITAS DAN MARKOV *SWITCHING* BERDASARKAN INDIKATOR SIMPANAN BANK, NILAI TUKAR RIIL, DAN NILAI TUKAR PERDAGANGAN

Anis Nur Aini, Sugiyanto, dan Siswanto
Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstrak. Indonesia mengalami krisis keuangan pada pertengahan tahun 1997 yang berdampak parah bagi perekonomian. Akibat krisis tersebut adalah menurunnya nilai tukar rupiah terhadap dolar sehingga diperlukan suatu sistem pendeteksian terjadinya krisis keuangan. Krisis keuangan dapat dideteksi berdasarkan beberapa indikator ekonomi, diantaranya simpanan bank, nilai tukar riil dan nilai tukar perdagangan. Pada data indikator simpanan bank, nilai tukar riil dan nilai tukar perdagangan dari Januari tahun 1990 sampai Desember 2015 dapat dimodelkan dengan model *SWARCH* tiga *state*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *SWARCH* (3,1) untuk indikator simpanan bank dan nilai tukar perdagangan serta model *SWARCH* (3,2) untuk indikator nilai tukar riil dapat digunakan untuk mendeteksi krisis keuangan di Indonesia pada tahun 2017.

Kata kunci: krisis, simpanan bank, nilai tukar riil, nilai tukar perdagangan, *SWARCH*

1. PENDAHULUAN

Krisis keuangan dalam lingkup global terjadi karena jatuhnya keadaan perbankan dan perekonomian dunia yang sedang lemah. Krisis keuangan yang melanda Asia pada pertengahan tahun 1997 diawali dengan jatuhnya nilai tukar Baht Thailand. Krisis tersebut juga terjadi di Indonesia yang memberikan dampak yang sangat parah bagi perekonomian di Indonesia. Dampak yang ditimbulkan dari krisis keuangan tersebut adalah menurunnya nilai tukar rupiah terhadap dolar, akibatnya *International Monetary Fund (IMF)* menganggap diperlukan adanya sistem pendeteksian terjadinya krisis. Sistem pendeteksian krisis di suatu negara dapat dilihat melalui beberapa indikator. Menurut Kaminsky *et al.*[5] terdapat 15 indikator yang dapat digunakan untuk mendeteksi krisis, tiga diantaranya adalah simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan.

Data bulanan simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan merupakan data runtun waktu yang diindikasikan mengandung heteroskedastisitas dan mengalami perubahan kondisi, sehingga salah satu model yang dapat digunakan yaitu Markov *switching autoregressive conditional heteroscedasticity (SWARCH)*. Model *SWARCH* diperkenalkan oleh Hamilton dan Susmel [4]. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai pendeteksian krisis keuangan yang terjadi pada suatu negara menggunakan gabungan model volatilitas dan Markov *switching*. Chang *et al.*[1] menerapkan model *SWARCH* untuk mengidentifikasi volatilitas mata uang asing dan krisis keuangan global di Korea berdasarkan indikator nilai tukar riil periode 4 Januari 2000 sampai dengan 31 Maret 2010 dengan asumsi tiga *state*.

Pada penelitian ini dilakukan pembentukan model yang sesuai dengan pergerakan indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan. Model tersebut dapat digunakan untuk pendeteksian dini krisis keuangan pada tahun 2017.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Model Autoregressive Moving Average (ARMA). Model ARMA merupakan model runtun waktu stasioner. Model ARMA terdiri dari model Autoregressive (AR) dan Moving Average (MA) (Cryer[2]). Model ARMA($p,0$) dapat dituliskan sebagai

$$r_t = \sum_{i=1}^p \phi_i r_{t-i} + \varepsilon_t$$

dengan r_t merupakan nilai *return* pada waktu ke- t , ϕ_i merupakan parameter model AR dengan orde p untuk $i = 1, 2, 3, \dots, p$ dan ε_t merupakan residu model ARMA pada waktu ke- t .

2.2. Model Autoregressive Conditional Heterocedasticity (ARCH). Model ARCH digunakan apabila dalam model ARMA terdapat efek heteroskedastisitas. Menurut Engle[3], model ARCH(m) dapat dituliskan sebagai

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

dengan α_0 merupakan nilai konstanta, α_i merupakan parameter model ARCH ke i dengan $i = 1, 2, 3, \dots, m$, m merupakan orde dari model ARCH, σ_t^2 adalah variansi residu dari pada waktu ke t .

2.3. Model Markov Switching ARCH (SWARCH). Model SWARCH merupakan gabungan model ARCH dan Markov *switching*. Model SWARCH digunakan untuk melihat perubahan kondisi pada model ARCH. Menurut Hamilton and Susmel [4], model SWARCH dapat dituliskan sebagai

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

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

dengan $\varepsilon_t \sim N(0, 1)$ dan $s_t = \{1, 2, \dots, k\}$.

2.4. SMOOTHED PROBABILITY. Proses *smoothed probability* adalah nilai probabilitas yang berdasarkan dari seluruh sampel informasi (Chung[6]). Menurut Chung[6], persamaan untuk proses *smoothed probability* dapat dituliskan sebagai berikut

$$P(S_t = i | \psi^T; \theta) = P(S_{t+1} = 1 | \psi^T; \theta) P(S_t = i | S_{t+1} = 1, \psi^T; \theta) + P(S_{t+1} = 2 | \psi^T; \theta)$$

$$P(S_t = i | S_{t+1} = 2, \psi^T; \theta) + P(S_{t+1} = 3 | \psi^T; \theta) P(S_t = i | S_{t+1} = 3, \psi^T; \theta)$$

Pendeteksian krisis pada tahun berikutnya dapat dideteksi menggunakan peramalan *smoothed probability*. Menurut Sopipan *et al* [7] peramalan *smoothed probability* dapat dituliskan sebagai

$$P_r(S_{t+1} = i|\psi_t) = P_{1j}P_r(S_t = 1|\psi_t) + P_{2j}P_r(S_t = 2|\psi_t) + P_{3j}P_r(S_t = 3|\psi_t)$$

dengan $P_r(S_t = 1|\psi_t)$, $P_r(S_t = 2|\psi_t)$ dan $P_r(S_t = 3|\psi_t)$ nilai *smoothed probability* untuk *state* 1,2 dan 3 pada data sebelumnya.

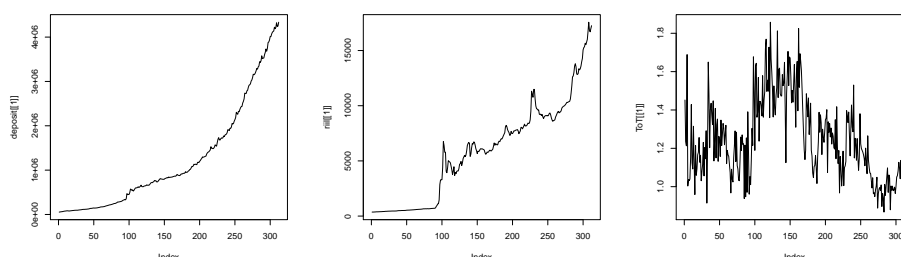
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data simpanan bank dan nilai tukar riil mulai bulan Januari 1990 sampai bulan Desember 2015 yang diperoleh dari Bank Indonesia serta data nilai tukar perdagangan mulai bulan Januari 1990 sampai bulan Desember 2015 yang diperoleh dari *International Monetary Fund*. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian sebagai berikut.

- (1) Membuat plot data kemudian menguji kestasioneran data. Jika data belum stasioner maka dilakukan transformasi log *return*.
- (2) Membuat plot *partial autocorrelation function (PACF)* dari data yang sudah di log *return*, kemudian membentuk model *ARMA*.
- (3) Menguji efek heteroskedastisitas pada residu model *ARMA* dengan menggunakan uji pengali Lagrange.
- (4) Membentuk model *ARMA* dan mengestimasi parameter model *ARMA* dan dilanjutkan uji kelayakan model.
- (5) Melakukan estimasi parameter model *ARCH*.
- (6) Membentuk model *SWARCH* dengan menggunakan asumsi tiga *state*.
- (7) Menghitung nilai *smoothed probability*.
- (8) Melakukan akurasi model untuk tahun 2016 dari nilai *smoothed probability*.
- (9) Menghitung nilai peramalan *smoothed probability* untuk tahun 2017.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. **Plot Data.** Plot data *return* simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot data simpanan bank, nilai tukar riil dan nilai tukar perdagangan

Plot data simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan pada Gambar 1 mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Hal tersebut mengindikasikan bahwa data tidak stasioner dalam rata-rata maupun dalam variansi.

Jika data belum stasioner maka dilakukan transformasi data untuk membuat data berpola stasioner. Pada kasus ini data bulanan indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan setelah dilakukan transformasi log *return* data menjadi berpola stasioner dengan nilai probabilitas kurang dari 0.05.

4.2. Pembentukan Model ARMA. Model ARMA dapat diidentifikasi dari plot *PACF* dari data log *return*. Berdasarkan indikator simpanan bank diperoleh model ARMA(1,0) yaitu $r_{t1} = -0.278500r_{t-1} + \varepsilon_t$ dengan r_{t1} adalah nilai *return* indikator simpanan bank pada waktu ke t . Indikator nilai tukar riil diperoleh model ARMA(3,0) yaitu $r_{t2} = 0.417500r_{t-1} - 0.179010r_{t-2} + 0.144000r_{t-3} + \varepsilon_t$ dengan r_{t2} adalah nilai *return* nilai tukar riil pada waktu ke t dan untuk indikator nilai tukar perdagangan diperoleh model ARMA(2,0) yaitu $r_{t3} = -0.620760r_{t-1} - 0.321390r_{t-2} + \varepsilon_t$ dengan r_{t3} adalah nilai *return* nilai tukar perdagangan pada waktu ke t .

Berdasarkan uji pengali Lagrange residu model untuk indikator simpanan bank diperoleh nilai probabilitas sebesar 3.893×10^{-7} , untuk indikator nilai tukar riil diperoleh probabilitas sebesar 3.575×10^{-12} , dan untuk indikator nilai tukar riil diperoleh probabilitas sebesar 0.000567. Dari probabilitas yang diperoleh untuk masing-masing indikator mempunyai nilai yang lebih kecil dari 0.05, artinya residu model terdapat efek heteroskedastisitas.

4.3. Pembentukan Model ARCH. Hasil estimasi model ARCH dengan model ARMA(1,0) untuk indikator simpanan bank diperoleh model terbaik ARCH(1) yang dapat dituliskan sebagai

$$\sigma_t^2 = 0.000342 + 4.04 \times 10^{-9} \varepsilon_{t-1}^2.$$

Hasil estimasi model ARCH dengan model ARMA(3,0) untuk indikator nilai tukar riil diperoleh model terbaik yaitu ARCH(2) yang dapat dituliskan sebagai

$$\sigma_t^2 = 0.000147 + 1.951000 \varepsilon_{t-1}^2 + 0.318900 \varepsilon_{t-2}^2,$$

dan hasil estimasi model ARCH dengan model ARMA(2,0) untuk indikator nilai tukar perdagangan diperoleh model terbaik yaitu ARCH(1) yang dapat dituliskan sebagai

$$\sigma_t^2 = 0.007855 + 0.251736 \varepsilon_{t-1}^2.$$

Dari hasil uji pengali Lagrange diperoleh nilai probabilitas indikator simpanan bank, nilai tukar riil dan nilai tukar perdagangan masing-masing sebesar

0.1114, 0.7449, 0.2304 yang lebih dari 0.05 sehingga model *ARCH* untuk masing-masing indikator tidak mengandung efek heteroskedastisitas. Melalui uji Kolmogorov Smirnov diperoleh nilai probabilitas untuk indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan masing sebesar 0.5097, 0.7166, 0.9709 yang lebih dari 0.05 sehingga residu model *ARCH* untuk masing-masing indikator tersebut berdistribusi normal. Dari hasil uji Ljung-Box diperoleh nilai untuk indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan masing-masing sebesar 0.1109, 0.2573, 0.8540 yang lebih dari 0.05 sehingga model *ARCH* untuk masing-masing indikator tidak terdapat autokorelasi.

4.4. Pembentukan Model *SWARCH*. Dalam model Markov *switching* perubahan kondisi yang terjadi merupakan suatu hasil variabel random tak teramati yang biasa disebut dengan *state* (Tsay[8]). *State* yang digunakan yaitu volatilitas rendah, sedang dan tinggi. Ketiga *state* tersebut mempunyai probabilitas untuk bertahan di *state* yang sama atau berpindah ke *state* yang lain. Probabilitas ketiga *state* tersebut disusun dalam bentuk matriks probabilitas transisi. Matriks probabilitas transisi data simpanan bank dapat dituliskan sebagai

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0.000421 & 0.577365 & 0.583231 \\ 0.942167 & 0.416728 & 0.055915 \\ 0.057412 & 0.005907 & 0.360853 \end{pmatrix}.$$

Berdasarkan matriks probabilitas transisi P_1 diperoleh bahwa probabilitas untuk bertahan dalam *state* volatilitas rendah pada periode berikutnya sebesar 0.000421. Probabilitas perubahan *state* dari volatilitas rendah ke volatilitas sedang pada periode berikutnya sebesar 0.942167. Probabilitas perubahan *state* dari volatilitas rendah ke volatilitas tinggi pada periode berikutnya sebesar 0.057412. Probabilitas perubahan *state* dari volatilitas sedang ke volatilitas rendah pada periode berikutnya sebesar 0.577365. Probabilitas untuk bertahan dalam *state* volatilitas sedang pada periode berikutnya sebesar 0.416728. Probabilitas perubahan *state* dari volatilitas sedang ke volatilitas tinggi pada periode berikutnya sebesar 0.005907. Probabilitas perubahan *state* dari volatilitas tinggi ke volatilitas rendah pada periode berikutnya sebesar 0.583231. Probabilitas perubahan *state* dari volatilitas tinggi ke volatilitas sedang pada periode berikutnya sebesar 0.055915. Probabilitas untuk bertahan dalam *state* volatilitas tinggi pada periode berikutnya sebesar 0.360853.

Matriks probabilitas transisi untuk nilai tukar riil disimbolkan dengan P_2 dan untuk nilai tukar perdagangan disimbolkan dengan P_3 sebagai berikut

$$P_2 = \begin{pmatrix} 0.288780 & 0.135413 & 0.535178 \\ 0.399679 & 0.836838 & 0.116637 \\ 0.311540 & 0.027749 & 0.348185 \end{pmatrix}$$

$$P_3 = \begin{pmatrix} 0.462519 & 0.143799 & 0.022235 \\ 0.457236 & 0.217726 & 0.472469 \\ 0.080245 & 0.638474 & 0.505295 \end{pmatrix}.$$

Dari matriks probabilitas transisi P_1 dan P_3 diperoleh hasil estimasi parameter model $SWARCH(3,1)$

$$\mu_1 = \begin{cases} 0.004508, & \text{untuk } state \ 1, \\ 0.017508, & \text{untuk } state \ 2, \\ 0.051680, & \text{untuk } state \ 3. \end{cases} \quad \sigma_{t1}^2 = \begin{cases} 0.0000196 + 0.3783213 \ \varepsilon_{t-1}^2, & state \ 1, \\ 0.0000121 + 0.0093338 \ \varepsilon_{t-1}^2, & state \ 2, \\ 0.000144 + 0.8719052 \ \varepsilon_{t-1}^2, & state \ 3. \end{cases}$$

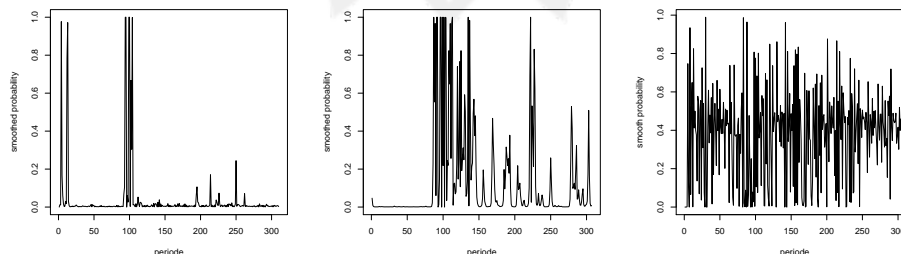
$$\mu_3 = \begin{cases} -0.000326, & \text{untuk } state \ 1, \\ 0.002551, & \text{untuk } state \ 2, \\ -0.003130, & \text{untuk } state \ 3. \end{cases} \quad \sigma_{t3}^2 = \begin{cases} 0.00024471 + 1.51363713 \ \varepsilon_{t-1}^2, & state \ 1, \\ 0.00008208 + 0.05501656 \ \varepsilon_{t-1}^2, & state \ 2, \\ 0.00000133 + 0.23360372 \ \varepsilon_{t-1}^2, & state \ 3. \end{cases}$$

dengan σ_{t1}^2 dan μ_1 untuk data simpanan bank serta σ_{t3}^2 dan μ_3 untuk data nilai tukar perdagangan. Dari matriks probabilitas transisi P_2 diperoleh hasil estimasi parameter model $SWARCH(3,2)$ untuk data nilai tukar riil

$$\mu = \begin{cases} 0.008074, & \text{untuk } state \ 1, \\ 0.007545, & \text{untuk } state \ 2, \\ 0.043128, & \text{untuk } state \ 3. \end{cases}$$

$$\sigma_t^2 = \begin{cases} 0.0000047 + 0.256339 \ \varepsilon_{t-1}^2 + 0.01070282 \ \varepsilon_{t-2}^2, & state \ 1, \\ 0.0000065 + 0.042924 \ \varepsilon_{t-1}^2 + 0.00000289 \ \varepsilon_{t-2}^2, & state \ 2, \\ 0.001459 + 1.091908 \ \varepsilon_{t-1}^2 + 0.108388 \ \varepsilon_{t-2}^2, & state \ 3. \end{cases}$$

4.5. **Smoothed Probability.** Nilai *smoothed probability* untuk indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan dari Januari 1990 hingga Desember 2015 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Smoothed probability* simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat 9 data simpanan bank, 24 data nilai tukar riil, dan 16 data nilai tukar perdagangan yang mempunyai nilai *smoothed probability* lebih dari 0.6 untuk data simpanan bank dan nilai tukar riil serta lebih dari 0.8 untuk data nilai tukar perdagangan. Jadi dapat disimpulkan

bahwa kondisi krisis dapat dideteksi berdasarkan nilai *smoothed probability* lebih dari 0.6 untuk data simpanan bank dan nilai tukar riil serta lebih dari 0.8 untuk data nilai tukar perdagangan.

4.6. **Akurasi Model.** Nilai peramalan untuk 12 periode selanjutnya yang dimulai dari Januari 2016 sampai dengan Desember 2016. Nilai prediksi tersebut akan digunakan untuk akurasi model yang dibandingkan dengan nilai aktual *smoothing probability*.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Aktual dan Nilai Peramalan Data Simpanan Bank, Nilai Tukar Riil, dan Nilai Tukar Perdagangan

Simpanan Bank		Nilai Tukar Riil		Nilai Tukar Perdagangan	
Aktual	Peramalan	Aktual	Peramalan	Aktual	Peramalan
0.005494	0.028029	0.003029	0.049086	0.629658	0.372156
0.008085	0.033348	0.015014	0.085651	0.082709	0.376586
0.001369	0.037397	0.006493	0.10566	0.610066	0.375033
0.007307	0.037589	0.002473	0.117492	0.455844	0.375234
0.001820	0.038377	0.001092	0.124385	0.465333	0.375100
0.005179	0.038241	0.000505	0.128411	0.479329	0.375097
0.002429	0.038433	0.000407	0.130763	0.462603	0.375082
0.007037	0.038362	0.000394	0.132135	0.492814	0.375079
0.003863	0.038417	0.000681	0.132937	0.380770	0.375077
0.004247	0.038391	0.001370	0.133405	0.432720	0.375076
0.001544	0.038408	0.004319	0.133679	0.493465	0.375075
0.005051	0.038399	0.005878	0.133838	0.520857	0.375075

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa berdasarkan nilai aktual dan peramalan untuk indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan mempunyai kesimpulan yang sama yaitu tidak terjadi krisis pada Tahun 2016 sehingga dapat dikatakan bahwa model baik digunakan untuk meramalkan periode di masa yang akan datang.

4.7. **Peramalan.** Hasil peramalan *smoothed probability* berdasarkan indikator simpanan bank, nilai tukar riil dan nilai tukar perdagangan tahun 2017 disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Peramalan *Smoothed Probability*

Periode	Peramalan <i>Smoothed Probability</i>		
	Simpanan Bank	Nilai Tukar Riil	Nilai Tukar Perdagangan
Januari 2017	0.015604	0.026864	0.356952
Februari 2017	0.035557	0.048302	0.390445
Maret 2017	0.033326	0.066714	0.383712
April 2017	0.378680	0.081884	0.360783
Mei 2017	0.036419	0.094243	0.365219
Juni 2017	0.037659	0.104278	0.364218
Juli 2017	0.037093	0.112421	0.364379
Agustus 2017	0.037469	0.119025	0.364327
September 2017	0.037271	0.124381	0.364329
Oktober 2017	0.037391	0.128725	0.364325
November 2017	0.037325	0.132248	0.364325
Desember 2017	0.037364	0.135106	0.364324

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada tahun 2017 untuk indikator simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan tidak ada kecenderungan terjadi krisis di Indonesia karena berada pada kondisi stabil.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan berikut.

- (1) Model yang sesuai pada data bulanan simpanan bank, nilai tukar riil, dan nilai tukar perdagangan bulan Januari 1990 sampai bulan Desember 2015 adalah model $SWARCH(3,1)$ untuk data simpanan bank dan nilai tukar perdagangan serta model $SWARCH(3,2)$ untuk data nilai tukar riil.
- (2) Model $SWARCH(3,1)$ untuk data simpanan bank dan nilai tukar perdagangan serta model $SWARCH(3,2)$ untuk data nilai tukar riil mampu memberikan informasi tidak ada kecenderungan terjadi krisis di Indonesia karena berada pada kondisi stabil.

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 **5** (2010), 249-272.
- [2] Cryer, J.D., *Time Series Analysis*, PWS Duxbury Press, Boston, 1986.
- [3] Engle, R.F., *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation*, Econometrics **50** (1982), 987-1008.
- [4] Hamilton J. D., and R. Susmel, *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity and Changes in Regime*, Journal of Econometrics **64** (1994), 307-333.
- [5] Kaminsky G., S. Lizondo, and C. M. Reinhart, *Leading Indicators of Currency Crises*, IMF Working Paper **45** (1998).
- [6] Kuan, Chung Min, *Lecture On The Markov Switching Model*, Institute of Economics Academia Sinica, Taiwan, 2002.
- [7] 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.
- [8] Tsay R. S, *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley and Sons, Canada, 2002.