PENDEKATAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL* (VECM) TERHADAP DATA SAHAM PGAS, AKRA, DAN PTT PCL PADA BULAN JANUARI 2010 – JANUARI 2019

(Skripsi)

Oleh

ALMIRA RIZKA PUTRI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG

2019

ABSTRACT

VECTOR ERROR CORRECTION MODEL AND ITS APPLICATION ON PGAS, AKRA, AND PTT PCL STOCK DATA (JANUARY 2010 – JANUARY 2019)

By

Almira Rizka Putri

Oil and gas is an important commodity that has driven the establishment of companies engaged in oil and gas. There are several oil and gas companies registered as securities companies in shares. Stock data is one example of time series data. The Vector Error Correction Model (VECM) method is a multivariate time series method for data that is not stationary and has cointegration. In this study, it will be seen whether there are long-term and short-term relation with these 3 variables. From the Granger Causality analysis shows that the stock price of PGAS influences AKRA and PTT stock prices. And PTT stock prices affect the stock prices of PGAS and AKRA. And there was a direct relationship between PGAS and PTT and also PGAS and AKRA.

Keywords: Stock data, Cointegration, Vector Error Correction Model, Granger Causality

ABSTRAK

PENDEKATAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL* (VECM) TERHADAP DATA SAHAM PGAS, AKRA, DAN PTT PCL PADA BULAN JANUARI 2010 – JANUARI 2019

Oleh

Almira Rizka Putri

Minyak dan gas bumi merupakan komoditi penting yang telah mendorong berdirinya perusahaan yang bergerak dalam bidang minyak dan gas bumi. Terdapat beberapa perusahan minyak dan gas bumi yang terdaftar sebagai perusahaan sekuritas pada saham. Data saham merupakan salah satu contoh data deret waktu. Metode *Vector Error Correction Model (VECM)* merupakan salah satu metode *multivariate time series* untuk data yang tidak stasioner dan memiliki kointegrasi. Pada penelitian ini akan dilihat apakah terdapat hubungan jangka panjang dan pendek terhadap 3 variabel tersebut. Dari analisis Granger Kausalitas menunjukkan bahwa harga saham PGAS mempengaruhi harga saham AKRA dan PTT. Dan harga saham PTT mempengaruhi harga saham PGAS dan AKRA. Dan terjadi hubungan langsung antara PGAS dan PTT dan juga PGAS dan AKRA.

Kata kunci : Data saham, Kointegrasi, *Vector Error Correction Model*, Granger Kausalitas

PENDEKATAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL* (VECM)
TERHADAP DATA SAHAM PGAS, AKRA, DAN PTT PCL
PADA BULAN JANUARI 2010 – JANUARI 2019

Oleh

ALMIRA RIZKA PUTRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019

Judul skripsi	: **PENDEKATAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL* (VECM) TERHADAP DATA SAHAM PGAS, AKRA, DAN PTT PCL PADA BULAN JANUARI 2010 – JANUARI 2019**
Nama Mahasiswa	: ***Almira Rizka Putri***
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1517031047
Jurusan	: Matematika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.	**Ir. Warsono, M.S., Ph.D.**
NIP. 195701011984031020	NIP. 196302161987031001

2. Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika

Prof. Dra.Wamiliana, M.A., Ph.D.
NIP. 196311081989022001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.** ....

Sekretaris : **Ir. Warsono, M.S., Ph.D.** ....

Penguji
Bukan pembimbing : **Drs. Eri Setiawan, M.Si.** ....

2. Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Suratman, M.Sc.
NIP. 196406041990031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 Juli 2019**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Almira Rizka Putri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1517031047**

Judul : **PENDEKATAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL* (VECM) TERHADAP DATA SAHAM PGAS, AKRA, DAN PTT PCL PADA BULAN JANUARI 2010 – JANUARI 2019**

Jurusan : **Matematika**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Juli 2019
Penulis,

METERAI TEMPEL
BC533AFF892268827
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Almira Rizka Putri
NPM. 1517031047

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 20 Juli 1997. Sebagai anak kedua dari Bapak Muhammad Rizki Setiadi dan Ibu Ika Zuraida.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) Kartika II-5 Bandar Lampung pada tahun 2003-2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Bandar Lampung pada tahun 2009-2012, Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 2 Bandar Lampung pada tahun 2012-2015.

Pada awal tahun 2018 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjarsari, Kecamatan Talang Padang, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Pada tahun 2018 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Kantor Badan Pendapatan Daerah (BAPENDA) Provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Puji Sykur kepada Allah SWT, Karena atas limpahan berkah, rahmad, dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Ku persembahkan karya sederhana penuh perjuangan dan kesabaran ini kepada :

Ayahanda Muhammad Rizki Setiadi dan Ibu Ika Zuraida

Terimakasih atas limpahan kasih sayang, pengorbanan, semangat, motivasi, serta doa dan sujud yang selalu menantikan keberhasilanku dengan sabar dan penuh pengertian. Karena atas doa dan ridho kalian, Allah memudahkan setiap perjalanan hidup ini.

Terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbanan, keikhlasan, dan jerih payah yang selama ini kalian lakukan.

Almamater yang kucintai, Universitas Lampung

KATA INSPIRASI

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."
(Q.S. Al-Baqarah : 286)

"You can't have a rainbow without a little rain"
(Anonymus)

"Passing the exam to escaping this place"
(Anonymus)

SANWACANA

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan ridho dan karunia-Nya serta atas berkah dan rahmat-Nya sehinga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pendekatan *Vector Error Correction Model* (VECM) Terhadap Data Saham PGAS, AKRA, dan PTT PCL pada Bulan Januari 2010 – Januari 2019". Selesainya penulisan skripsi ini adalah berkat motivasi, pengarahan serta bimbingan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D. selaku pembimbing pertama atas saran, bimbingan, arahan, motivasi, dan kesabaran dalam membimbing penulis selama penelitian hingga penyelesaian skripsi.
2. Bapak Ir. Warsono, M.S., Ph.D. selaku pembimbing kedua yang telah memberihan arahan, saran, serta dukungan bagi penulis.
3. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si. selaku pembahas yang telah memberikan ide, kritik dan saran sehingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Dr. Khoirin Nisa, M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberi arahan kepada penulis selama menuntut ilmu di Universitas Lampung.

5. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D. selaku Kepala Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
6. Bapak Drs. Suratman, M.Sc. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Para Dosen dan Staff Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
8. Umi, Ayah, Bibu, Adek dan keluarga tercinta yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doa yang tak terhingga kepada penulis.
9. Sahabat-sahabat penulis Devy, Caroline, Sandria, Mira, yang telah membantu, memberikan semangat dan keceriaan pada penulis.
10. Teman-temanku Loves, Cenik, Rima, Topan, Dony, Nathan, Amar, Aul, Lut, Pandu, Rahmad, Bagus, Putra, Ni'ma, Nisa, Diyana, Irbah, Mahyal, Dimas yang telah memberikan keceriaan dan semangat bagi penulis.
11. Teman-teman Matematika 2015 yang selalu menjadi semangat bagi penulis.
12. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dari skripsi ini, akan tetapi besar harapan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Juli 2019
Penulis

Almira Rizka Putri

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Minyak dan gas bumi merupakan komoditas hasil tambang yang sangat penting peranannya dalam kehidupan manusia, terutama perannya sebagai sumber energi. Penggunaan minyak dan gas bumi terjadi pada semua sektor, salah satunya konsumsi minyak dan gas bumi sebagai bahan bakar di sektor industri, jasa, masyarakat maupun pemerintah. Minyak dan gas bumi sebagai komoditi penting telah mendorong berdirinya perusahaan yang bergerak dalam bidang minyak dan gas bumi. Hampir di seluruh negara memiliki perusahaan yang bergerak dalam bidang minyak dan gas bumi.

Hal ini juga membuat banyaknya investor yang menginvestasikan sahamnya pada perusahaan sekuritas subsektor minyak dan gas bumi. Saham adalah surat berharga yang menunjukkan bagian kepemilikan atas suatu perusahaan. Perusahaan yang dimaksud yaitu perusahaan sekuritas. Perusahaan sekuritas sendiri adalah firma yang merupakan anggota bursa efek dengan lisensi khusus untuk melakukan jual beli saham. Maka dari itu terdapat beberapa perusahan minyak dan gas bumi yang terdaftar sebagai perusahaan sekuritas.

Data saham merupakan salah satu contoh data deret waktu. Data deret waktu merupakan data yang diamati berdasarkan urutan waktu dengan rentang yang sama baik dalam harian, mingguan, bulanan, kuartalan, ataupun tahunan. Data deret waktu yang memiliki lebih dari satu variabel disebut *multivariate time series*. *Multivariate time series* bisa menggunakan model *Vector Autoregressive* (VAR). (VARX) adalah salah satu analisis statistik yang sering digunakan dalam banyak penelitian yang melibatkan data deret waktu, seperti keuangan, ekonomi, dan bisnis. Model VARX dapat menjelaskan perilaku dinamis dari hubungan antara variabel endogen dan eksogen atau hanya antar variabel endogen. Itu juga dapat menjelaskan dampak suatu variabel atau serangkaian variabel pada orang lain melalui fungsi respons impuls (IRF). (Warsono, 2019:390)

Dalam model VAR terdapat syarat bahwa data harus stasioner setelah di *differencing*. Namun apabila setelah di *differencing* dan terbukti terdapat kointegrasi antar beberapa variabel minimal dengan *rank* satu, maka model yang digunakan adalah *Vector Error Correction Model* (VECM). Metode *Vector Error Correction Model* (VECM) merupakan salah satu metode *multivariate time series* untuk data yang tidak stasioner dan memiliki kointegrasi. Menurut Engle dan Granger, VECM digunakan untuk mengoreksi disequilibrium jangka pendek terhadap jangka panjangnya.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan variabel berupa harga *close* mingguan saham minyak dan gas bumi pada 3 negara, yaitu harga *close* saham Petronas Gas Bhd (PGAS) (MIGAS), Akr Corporindo Tbk (AKRA) (MIGAS), dan PTT PCL

(PTT) (MIGAS) yang dianalisis dari bulan Januari 2010 sampai Januari 2019. Dalam penelitian ini, penulis ingin melihat hubungan jangka panjang dan pendek pada beberapa perusahaan minyak dan gas tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tahap-tahap analisis deret waktu menggunakan *Vector Error Correction Model* pada data saham Petronas Gas Bhd (PGAS) (MIGAS), Akr Corporindo Tbk (AKRA) (MIGAS), dan PTT PCL (PTT) (MIGAS) pada bulan Januari 2010 – Januari 2019.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menganalisis data *time series* dengan model VECM pada data saham Petronas Gas Bhd (PGAS) (MIGAS), Akr Corporindo Tbk (AKRA) (MIGAS), dan PTT PCL (PTT) (MIGAS) pada bulan Januari 2010 – Januari 2019 dan sebagai sumber referensi untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Deret Waktu

Data deret waktu adalah serangkaian data kuantitatif mengenai nilai - nilai suatu variabel yang tersusun secara beruntun (berderet) dalam periode waktu tertentu (Hanke dan Wichern, 2005: 58). Data deret waktu dikategorikan menurut interval waktu yang sama, baik dalam harian, mingguan, bulanan, kuartalan, ataupun tahunan. Data deret waktu yang memiliki dua atau lebih variabel disebut *multivariate time series*. Model *multivariate time series* melibatkan beberapa variabel yang tidak hanya runtut namun juga saling berkorelasi (Montgomery, dkk., 2008).

2.2 Stasioneritas

Dalam analisis runtun waktu sering kali menggunakan asumsi bahwa data harus stasioner. Stasioneritas berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang signifikan pada data. Fluktuasi data berada disekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan varians dari fluktuasi tersebut (Makridakis, 1999). Suatu deret waktu dikatakan stasioner jika memiliki 3 kriteria sebagai berikut:

$E(Y_t) = \mu$, t ϵ T (rata-rata konstan sepanjang waktu), Var(Y_t) = $E(Y_t - \mu\ ) \ = \ \sigma^2$ (varian konstan sepanjang waktu), dan $\gamma^k = E\ [(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$ dimana γ^k adalah *covarian* saat *lag* k antara Y_t dan Y_{t+k} (Gujarati, 2003).

Selain dengan uji di atas, stasioneritas data juga dapat dicari menggunakan uji akar unit (*unit roots test*) (Widarjono, 2007). Dalam penelitian ini, uji stasioner yang dilakukan menggunakan uji akar unit dengan metode *Augmented Dickey Fuller Test* (ADF *Test*) dengan alasan bahwa ADF *Test* telah mempertimbangkan kemungkinan adanya autokorelasi pada *error term* jika *series* yang digunakan non-stasioner. Persamaan akar unit dimulai dari proses stokastik yang tidak stasioner sebagai berikut:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t\ , -1 \leq\ \rho\ \leq 1 \qquad (2.1)$$

Dimana u_t adalah galat yang *white noise*. Jika persamaan stokastik di atas dimanipulasi, maka akan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1}\ + u_t \qquad (2.2)$$

$$= (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t$$

dan dapat ditulis menjadi:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \qquad (2.3)$$

Dimana $\delta = (\rho - 1)$ dan ΔY_t adalah *differencing* pertama dari Y_t. Dari proses *random walk,* maka didapatkan persamaan unit root dengan tiga kondisi sebagai berikut:

$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$, Y_t adalah *random walk*

$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t$, Y_t adalah *random walk* dengan intersep

$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + u_t$, Y_t adalah *random walk* dengan intersep dan *trend*

Jika jumlah sampel besar, maka digunakan uji statistik τ (tau) yaitu

$DF\tau = \frac{\hat{p}-1}{Se(\hat{p})}$, dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : $\delta = 0$ (data tidak stasioner)

H_1 : $\delta \neq 0$ (data stasioner)

Dengan kriteria tolak H_0 jika |τ| > $\tau_{\alpha,df}$ (Gujarati, 2003).

2.3 Kointegrasi

Didalam data *time series* sering kali ditemukan permasalahan-permasalahan salah satunya adalah data yang tidak stasioner, contohnya didalam data-data ekonomi. Metode analisis yang memungkinkan yaitu dengan *differencing* pada data deret waktu sampai terbentuk stasioner, dan kemudian dapat dianalisis menggunakan VAR atau VARMA, walaupun pada hasilnya kurang begitu memuaskan. Oleh sebab itu, pendekatan yang dapat digunakan untuk menganalisis data *multivariate time series* yang tidak stasioner salah satunya adalah analisis kointegrasi. Sebagai contoh, jika semua variabel dikumpulkan dalam sebuah vektor $x_t = (x_{1t}, \dots, x_{kt})'$ dan fungsi ekuilibrium jangka panjang mereka adalah $\beta' x_t = \beta_1 x_{1t} + \cdots + \beta_k x_{kt} = 0$, dimana $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_k)'$.

Secara umum, vektor x_t dikatakan terkointegrasi pada order (d,b) dimana x_t~*CI(d,b),* jika semua komponen dari x_t adalah *I(d)* dan terdapat kombinasi linear $z_t = \beta' y_t$ dengan $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_k)' \neq 0$ dan z_t adalah I(d-b). Contoh, jika x_{1t} dan x_{2t} tidak stasioner, dan kombinasi linear $(x_{1t} - \beta_1 x_{2t})$ adalah stasioner, maka dua variabel tersebut terkointegrasi (Lutkepohl, 2005).

Pengujian selanjutnya yaitu menguji banyaknya *rank* yang terbentuk dalam sistem kointegrasi. Banyaknya *rank* dapat ditentukan menggunakan dua uji statistik yaitu uji *trace* dan uji *eigen value* maksimum, sebagai berikut:

a. Uji *Trace*

H_0 : terdapat paling banyak r *eigen value* positif

H_1 : terdapat lebih dari r *eigen value* positif

$$Tr(r) = -T \sum_{i=r+1}^{k} \ln(1-\hat{\lambda}_i) \tag{2.4}$$

b. Uji *eigen value* maksimum

H_0 : terdapat *r eigen value* positif

H_1 : terdapat *r*+1 *eigen value* positif

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \ln\left(1-\hat{\lambda}_i\right) \tag{2.5}$$

dimana:

$\hat{\lambda}_i$ = estimasi dari eigen value

T = jumlah observasi

k = jumlah variabel endogen

Uji ini dimulai saat r=0, dan H_0 ditolak jika statistik uji *trace* dan *eigen value* lebih kecil dari nilai kritis pada saat α, atau p *value* lebih besar dari nilai signifikansi α (warsner and Wolters, 2007).

Estimasi parameter kointegrasi diestimasi menggunakan *maximum likelihood estimation* dan fungsi *Likelihood* dengan *rank*(Π) = r adalah:

$$\ln l = -\frac{KT}{2}\ln 2\pi - \frac{KT}{2}\ln\left|\sum u\right| - \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{T}(\Delta y_t - \Pi y_{t-1})' \sum_{u}^{-1}(\Delta y_t - \Pi y_{t-1})$$

$$= |T^{-1}\textstyle\sum_{t=1}^{T}(\Delta y_t - \Pi y_{t-1})(\Delta y_t - \Pi y_{t-1})'|$$

$$= |T^{-1}\textstyle\sum_{t=1}^{T}(\Delta y_t - \alpha\beta' y_{t-1})(\Delta y_t - \alpha\beta' y_{t-1})'|$$

$$= (\textstyle\sum_{t=1}^{T} y_{t-1}\, y'_{t-1})^{-\frac{1}{2}}(\sum_{t=1}^{T} y_{t-1}\,\Delta y'_t)(\sum_{t=1}^{T} y_t\,\Delta y'_t)X(\sum_{t=1}^{T}\Delta y_t\, y'_{t-1})$$

$$(\textstyle\sum_{t=1}^{T}\Delta y_{t-1}\, y'_{t-1})^{-1/2}$$

sehingga diperoleh:

$$\hat{\beta} = [v_1, \dots, v_r]'\left(\sum_{t=1}^{T} y_{t-1}\ y'_{t-1}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\hat{\alpha} = \left(\textstyle\sum_{t=1}^{T}\Delta y_t y'_{t-1}\ \hat{\beta}\right)\left(\sum_{t=1}^{T}\hat{\beta}\ y_{t-1}\ y'_{t-1}\hat{\beta}\right)^{-1}$$ (Lutkepohl, 2005).

2.4 *Vector Autoregressive* (VAR)

Vector Autoregressive (VAR) digunakan untuk menganalisis suatu data yang variabelnya lebih dari satu atau *multivariate time series*. VAR adalah suatu sistem persamaan yang memperlihatkan setiap peubah sebagai fungsi linear dari konstanta dan nilai *lag* peubah tersebut serta *lag* peubah lain dalam sistem (Enders, 1995). *Vector Autoregressive* (VAR) dapat dimodelkan sebagai berikut :

$$y_t = \textstyle\sum_{i=1}^{p}\emptyset_i y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (2.6)$$

dimana:

y_t = elemen vektor y pada waktu t berukuran $n \times 1$

$\emptyset_i$ = matriks berukuran $n \times n$ yang merupakan koefisien dari vektor y_{t-1}, untuk i = 1,2,…p

p = panjang *lag*

ε_t = vektor dari *shock* terhadap masing-masing variabel berukuran $n \times 1$

Apabila data yang digunakan stasioner pada tingkat *differencing* yang sama dan terdapat kointegrasi, maka model VAR akan dikombinasikan dengan model koreksi kesalahan menjadi *Vector Error Correction Model* (VECM) (Asteriou *and* Hall, 2007).

2.5 *Vector Error Correction Model* (VECM)

VECM adalah model VAR terbatas yang dirancang untuk digunakan pada deret waktu tidak stasioner namun memiliki hubungan kointegrasi antar variabel. VECM sangat berguna karena dapat mengestimasi efek jangka pendek antar variabel dan efek jangka panjang dari data deret waktu. Bentuk umum VECM(p) dimana p adalah *lag* dari variabel endogen dengan *rank* kointegrasi r ≤ k adalah sebagai berikut:

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \, \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (2.7)$$

dimana:

Δ = operator *differencing*, dengan $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$

y_{t-1} = vektor peubah endogen dengan *lag* ke-1

ε_t = vektor residual berukuran (k × 1)

Π = matriks koefisien kointegrasi ($\Pi = \alpha\beta^t$; α = vektor *adjustment*, matriks ukuran (k × r) dan β = vektor kointegrasi (*long-run parameter*) matriks (k × r))

Γ_i = matriks berukuran (k × k) koefisien variabel endogen ke-i

(Lutkepohl, 2005).

2.5.1 Panjang Lag Optimum

Panjang *lag* variabel yang optimal sangat diperlukan untuk menangkap pengaruh dari setiap variabel terhadap variabel lain didalam sistem VAR. Menentukan panjang *lag* (p) yaitu dengan menggunakan kriteria informasi yang tersedia. Panjang *lag* yang dipilih dapat dilihat melalui nilai paling minimum dari masing-masing kriteria. Beberapa informasi kriteria yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Akaike Information Criterion* (AIC)

$$AIC = ln\frac{1}{T}\sum_{t-1}^{T}(\hat{u}_t{}^{(p)})^2 + m\frac{2}{T} \quad (2.8)$$

b. *Bayesian Criterion of Gideon Schwarz*

$$SC = ln\frac{1}{T}\sum_{t-1}^{T}(\hat{u}_t{}^{(p)})^2 + m\frac{\ln T}{T} \quad (2.9)$$

Dimana:

$\hat{u}_t{}^{(p)}$ = residual varian/covarian matriks dari model VAR(p),

k = banyaknya variabel

T = banyaknya observasi

p = panjang model VAR (Kirchgassner and Wolters, 2007).

Hal yang harus diperhatikan dalam menentukan panjang *lag* optimal adalah semakin panjang jumlah *lag* yang dipergunakan maka semakin banyak jumlah parameter yang harus diestimasi dan semakin sedikit derajat kebebasannya. Jika jumlah *lag* (p) terlalu sedikit maka model akan *miss specification*, sementara apabila *lag* (p) terlalu banyak maka derajat kebebasan semakin besar.

2.5.2 Uji Normalitas Residual

Uji normalitas residual digunakan untuk mengetahui kenormalan residual pada suatu model multivariat. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Jarque-Bera* (JB) *Test of Normality*. Uji ini menggunakan ukuran *skewness* dan kurtosis. *Jarque-Bera* (JB) yang digunakan dalam uji normalitas pada residual model dimana perhitunganya dilakukan dengan menambahkan indikator banyaknya variabel bebas atau prediktor, perhitungan JB adalah sebagai berikut:

$$JB = \left[\frac{n-k}{6}\left(S^2 + \frac{(K-3)^2}{4}\right]\right. \qquad (2.10)$$

Dimana:

n = Jumlah sampel

$S = Expected\ Skewness = \dfrac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^3}{(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2)^{3/2}}$

$K = Expected\ Excess\ Kurtosis = \dfrac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^4}{(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2)^2}$

k = Jumlah variabel bebas

Dimana *Jarque-Bera* (JB) *Test of Normality* berdistribusi *chi-square* x^2 dengan derajat kebebasan 2 (Jarque and Berra, 1980).

2.5.3 Uji Stabilitas Model

Stabilitas sistem VAR dilihat dari *inverse roots* karakteristik AR polinomialnya. Suatu sistem VAR dikatakan stabil (stasioner, baik dalam rata-rata dan juga ragam) jika seluruh *roots*-nya memiliki modulus lebih kecil dari satu dan semuanya terletak di dalam *unit circle*. Berikut uraian menurut Lutkepohl (2005) bahwa model VAR(p) pada persamaan (2.6) dapat dituliskan:

$$y_t = c + \emptyset_1 y_{t-1} + \ldots + \emptyset_p y_{t-p} + \varepsilon_t \tag{2.11}$$

Jika mekanisme ini dimulai pada waktu tertentu, misalnya saat $t = 1$, maka akan mendapatkan:

$$\begin{aligned}
y_1 &= c + \emptyset_1 y_0 + \varepsilon_1 , \\
y_2 &= c + \emptyset_1 y_1 + \varepsilon_2 \\
&= c + \emptyset_1 (c + \emptyset_1 y_0 + \varepsilon_1) + \varepsilon_2 \\
&= (I_K + \emptyset_1) c + \emptyset_1^2 y_0 + \emptyset_1 \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \\
&\vdots \\
y_t &= (I_K + \emptyset_1 + \cdots + \emptyset_1^{t-1}) c + \emptyset_1^t y_0 + \sum_{i=0}^{t-1} \emptyset_1^i \varepsilon_{t-i} \\
&\vdots
\end{aligned} \tag{2.12}$$

Oleh karena itu, vector $(y_1, \ldots, y_t)$ ditentukan oleh $(y_0, y, \ldots, y_t)$ dan distribusi bersama dari $(y_1, \ldots, y_t)$ ditentukan oleh distribusi bersama dari $(y_0, y, \ldots, y_t)$.

Dari persamaan VAR(1) pada (2.6) dan (2.12) maka akan didapatkan:

$$\begin{aligned}
y_t &= c + \emptyset_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \\
&= \left(I_K + \emptyset_1 + \cdots + \emptyset_1^j\right) c + \emptyset_1^{j+1} y_{t-j-1} + \textstyle\sum_{i=0}^{j} \emptyset_1^i \varepsilon_{t-i}
\end{aligned} \tag{2.13}$$

Jika semua nilai eigen dari $\emptyset_1$ memiliki modulus kurang dari 1 maka model y_t merupakan proses stokastik yang didefinisikan dengan:

$$y_t = \mu + \textstyle\sum_{i=0}^{\infty} \emptyset_1^i \varepsilon_{t-1} , t = \cdots - 1,0,1, \ldots \tag{2.14}$$

dimana:

y_t = elemen vektor y pada waktu t berukuran $n \times 1$

$\emptyset_i$ = matriks berukuran $n \times n$ yang merupakan koefisien dari vektor y_{t-i}, untuk $i = 1,2,\ldots p$

μ = $(I_K - \emptyset_i)^{-1} v$

Maka persamaan y_t dikatakan stabil jika:

det $(I_{Kp} - \emptyset_z) \neq 0$ untuk $|z| \leq 1$

Definisi yang diberikan dari karakteristik polinomial pada matriks, kita sebut sebagai karakteristik polinomial dari proses VAR(p), sehingga persamaan (2.11) dikatakan stabil jika:

$$\det(I_{Kp} - \emptyset_z) = \det(I_K - \emptyset_1 z - \cdots - \emptyset_p z^p) \quad (2.15)$$

2.6 Granger Kausalitas

Kausalitas Granger digunakan untuk melihat hubungan jangka pendek dalam bentuk timbal balik antara variabel di dalam vektor. VAR stabil didefinisikan sebagai berikut:

$$y_t = \begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11,1} & A_{12,1} \\ A_{21,1} & A_{22,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \end{bmatrix} + \cdots + \begin{bmatrix} A_{11,p} & A_{12,p} \\ A_{21,p} & A_{22,p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-p} \\ y_{2t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

y_t terdiri dari vektor y_{1t} dan y_{2t} . y_{2t} dikatakan bukan kausalitas Granger untuk y_{1t} jika koefisien matriks dari parameter VAR yaitu $A_{21,i} = 0$ untuk i=1,2,..., p (Lütkepohl, 2005).

Granger *Causality Test* didasarkan pada uji F yang berusaha untuk menentukan jika ada perubahan dalam satu variabel dikarenakan adanya perubahan variabel lainnya. Suatu variabel X dikatakan "*Granger Cause*" variabel Y, jika nilai sebelumnya dari X dapat memprediksi nilai Y saat ini.

VAR Model:

$$y_t = \sum_{i=1}^{p} \emptyset_i y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (2.17)$$

Jika semua koefisien $\emptyset$ pada lag nilai dari y signifikan pada persamaan (2.17), maka 'X *Granger Causal* Y'. Jika X *Granger Causal* Y dan tidak sebaliknya, maka disebut dengan *causality* tidak langsung. Jika *causality* terdapat pada keduanya, dari X ke Y dan dari Y ke X, maka disebut dengan *causality* dua arah (Brooks, 2008).

Setelah mengestimasi VAR, restriksi yang mengikuti hipotesis yang telah di uji pada Granger *Causality Test*:

H_0: $\alpha_1 = \alpha_2 = ...= \alpha_p = 0$ ("X bukan *Granger Causal* Y")

H_1: $at\ least\ one\ of\ \alpha - coefficients \neq 0$ ("X *Granger Causal* Y")

Statistik uji mengikuti distribusi X^2, dengan p derajat bebas dibawah hipotesis nol. P adalah jumlah lag optimal. (Lütkepohl, 2005).

2.7 *Impulse Response Function* (IRF)

Pindyck dan Rubinfeld (1998) menyatakan bahwa *Impulse Response Function* merupakan suatu metode yang digunakan untuk melihat respon suatu variabel endogen terhadap *shock* yang diberikan oleh variabel yang lain. Sebuah *Vector Autoregressive* (VAR) dapat ditulis dalam bentuk *Vector Moving Average* (VMA) yang memungkinkan kita untuk melihat berbagai respon dari veriabel didalam sistem VAR. Misal digunakan tiga variabel dalam bentuk persamaan VAR sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ a_{30} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{t-1} \\ y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \end{bmatrix} \tag{2.18}$$

Menggunakan persamaan Model VAR bentuk umum di atas diasumsikan mencapai stabil saat: $b_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} A_1^i \, e_{t-i}$

dimana:

$$Y_t = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix}, \mu = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ \hat{z} \end{bmatrix} \text{ dan } A_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \tag{2.19}$$

sehingga diperoleh:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ \hat{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t-i} \\ e_{2t-i} \\ e_{3t-i} \end{bmatrix} \tag{2.20}$$

persamaan (2.20) menyatakan x_t, y_t dan z_t dalam istilah berurutan $\{e_{11}\}$, $\{e_{21}\}$ dan $\{e_{31}\}$ yang kemudian dituliskan sebagai $\{\Sigma_{xt}\}$, $\{\Sigma_{yt}\}$ dan $\{\Sigma_{zt}\}$. Menggunakan perkalian oleh B^{-1} memungkinkan kita untuk mendapatkan model VAR dalam bentuk:

$$Y_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + e_t, \tag{2.21}$$

Dimana $A_0 = B^{-1}\Gamma_0, A_1 = B^{-1}\Gamma_1$, dan $e_t = B^{-1} \varepsilon_t$.

Sementara itu, vektor dari *error* tersebut dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \end{bmatrix} = \frac{1}{\det(A_1)} \times adj(A_1) \times \begin{bmatrix} \varepsilon_{xt} \\ \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \tag{2.22}$$

dengan $\det(A_1)$ adalah nilai determinan dari matriks A_1 dan $adj(A_1)$ adalah matriks *adjoint* dari matriks A_1, sehingga persamaan (2.19) dan (2.20) dapat dikombinasikan ke dalam bentuk:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ \hat{z} \end{bmatrix} + \frac{1}{\det(A_1)} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}^i \times adj(A_1) \times \begin{bmatrix} e_{1t-i} \\ e_{2t-i} \\ e_{3t-i} \end{bmatrix} \tag{2.23}$$

dimana dapat disederhanakan dengan mendefinisikan ke dalam bentuk matriks Ø ukuran 3x3. Maka dari itu, persamaan (2.20) dan (2.21) dapat dituliskan ke dalam bentuk urutan $\{\varepsilon_{xt}\}$, $\{\varepsilon_{yt}\}$, dan $\{\varepsilon_{zt}\}$ sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ \hat{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \emptyset_{11}(i) & \emptyset_{12}(i) & \emptyset_{13}(i) \\ \emptyset_{21}(i) & \emptyset_{22}(i) & \emptyset_{23}(i) \\ \emptyset_{31}(i) & \emptyset_{32}(i) & \emptyset_{33}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xt-i} \\ \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \tag{2.24}$$

dengan elemen $\emptyset_{jk}(i)$:

$$\emptyset_i = \frac{1}{\det(A_1)} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}^i \times adj(A_1). \tag{2.25}$$

Persamaan (2.21) dapat ditulis kembali dalam bentuk Z_t sebagai berikut:

$$Z_t = \mu + \sum_{i-0}^{\infty} \emptyset_i \varepsilon_{t-i}. \tag{2.26}$$

Kesembilan koefisien $\emptyset_{11}(i), \emptyset_{12}(i)$, $\emptyset_{13}(i)$, $\emptyset_{21}(i)$, $\emptyset_{22}(i)$, $\emptyset_{23}(i)$, $\emptyset_{31}(i)$, $\emptyset_{32}(i)$, dan $\emptyset_{33}(i)$ disebut sebagai *Impulse Response Function* (IRF). Membuat plot fungsi impuls dari koefisien $\emptyset_{jk}(i)$ adalah cara terbaik untuk menggambarkan perilaku $\{x_t\}$, $\{y_t\}$, dan $\{z_t\}$ dalam memberi respon terhadap guncangan (Enders, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2018/2019, bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder yang diperoleh dari website *http://investing.com//* yang merupakan data harga *close* mingguan saham migas Malaysia yaitu PGAS, saham migas Indonesia yaitu AKRA, dan saham migas Thailand yaitu PTT PCL pada bulan Januari 2010 sampai dengan Januari 2019.

3.3 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dengan pendekatan VECM ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan Uji Stasioneritas Data

   Kestasioneran data dilihat melalui grafik *Autocorrelation Function* (ACF) dan uji akar unit. Jika ragam terlalu besar dan tidak stasioner maka akan dilakukan transformasi, dan jika tidak stasioner terhadap rata-rata maka dilakukan *differencing*. Uji stasioner dilakukan pada tingkat *level* dan *differencing*. Jika nilai ADF lebih besar dibanding nilai *test critical value* pada level α = 5%, maka data tidak stasioner.

2. Menentukan Panjang Lag Optimum

   Penentukan panjang lag optimum dari variabel endogen yaitu dengan melihat nilai minimum setiap lag dari kriteria informasi yang digunakan yaitu AIC dan SC dari model VAR. Berdasarkan perhitungan dari masing-masing kriteria, lag optimum ditandai dengan tanda bintang (*).

3. Melakukan Uji Kointegrasi

   Uji kointegrasi yang digunakan adalah uji kointegrasi *Johansen* pada lag optimum dari model VAR. Jika nilai *trace statistic* lebih besar daripada *critical value* maka diambil kesimpulan terdapat paling tidak dua hubungan kointegrasi antar variabel ekonomi sehingga *Vector Error Correction Model* (VECM) dapat digunakan.

4. Melakukan Estimasi Model

   Pendugaan parameter VECM (p) dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* dengan membentuk matriks koefisien kointegrasi (Π)

kemudian membentuk matriks koefisien variabel *differencing* (Γ) selanjutnya matriks koefisien (c)

5. Melakukan Uji Residual
   a. Uji Normalitas Residual

      Pengujian normalitas residual pada penelitian ini dilakukan dengan *Jarque-Bera* (JB) *test of normality*.

   b. Uji Stabilitas Model

      Uji stabilitas dilakukan untuk melihat apakah model yang digunakan stabil atau tidak. Sebuah model dikatakan stabil jika akar unit karakteristik polinomialnya mempunyai modulus ≤ 1 dan semuanya berada dalam *unit circle*.

6. Melakukan Uji Kelayakan Model

   Uji Kelayakan Model dilihat dari tabel anova secara univariat untuk memastikan model signifikan.

7. Melakukan Analisis Kausalitas Granger

   Analisis kausalitas Granger dilakukan untuk mengetahui hubungan kausalitas antar variabel dengan cara menguji koefisien VAR menggunakan uji statistik *Wald* yang berdistribusi x^2(*chi square*) dalam bentuk grup-grup.

8. Melakukan Analisis Grafik *Impulse Response Function* (IRF)

   IRF digunakan untuk melihat respon satu variabel terhadap *shock* yang diberikan oleh variabel yang lain pada periode sekarang dan yang akan datang, dan analisis dilakukan dengan menggunakan grafik IRF dari representasi *Vector Moving Average* (VMA).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, maka dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya:

1. Berdasarkan hasil analisis hubungan antara (PGAS, AKRA, dan PTT) didapatkan model multivariate terbaik yaitu model VECM (2) yang memiliki hubungan kointegrasi (jangka panjang) pada *rank* = 2 yaitu sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} y_{t1} \\ y_{t2} \\ y_{t3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.14938 & 1.00931 & -0.09056 \\ 0.01495 & -1.22798 & 0.00685 \\ 0.02557 & -0.06123 & -1.05280 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t1-1} \\ y_{t2-1} \\ y_{t3-1} \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 0.07854 & -0.23333 & 0.31356 \\ 0.00283 & 0.06971 & 0.00227 \\ 0.00720 & 0.19199 & 0.01518 \end{bmatrix} \Delta \begin{bmatrix} y_{t1-1} \\ y_{t2-1} \\ y_{t3-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \end{bmatrix}$$

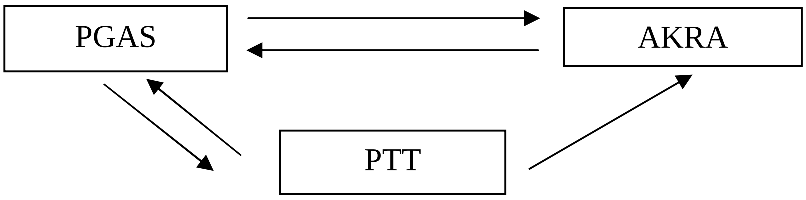
   Dengan penjabaran model univariatnya sebagai berikut :

$$y_{t1} = -1.14938 y_{t1-1} + 1.00931 y_{t2-1} - 0.09056 y_{t3-1} + 0.07854\, \Delta y_{t1-1} - 0.23333\, \Delta y_{t2-1} + 0.31356\, \Delta y_{t3-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$y_{t2} = 0.01495 y_{t1-1} - 1.22798 y_{t2-1} + 0.00685 y_{t3-1} + 0.00283\, \Delta y_{t1-1} + 0.06971\, \Delta y_{t2-1} + 0.00227\, \Delta y_{t3-1} + \varepsilon_{2t}$$

$y_{t3} = 0.02557y_{t1-1} - 0.06123y_{t2-1} - 1.05280y_{t3-1} + 0.00720\,\Delta y_{t1-1} + 0.19199\,\Delta y_{t2-1} + 0.01518\,\Delta y_{t3-1} + \varepsilon_{3t}$

2. Dari analisis Kausalitas Granger didapatkan hubungan kausalitas antarvariabel endogen. Grafik dibawah menjelaskan bahwa harga saham PGAS mempengaruhi harga saham AKRA dan PTT. Dan harga saham PTT mempengaruhi harga saham PGAS dan AKRA. Dan terjadi hubungan langsung antara PGAS dan PTT dan juga PGAS dan AKRA.



Gambar 11. Grafik Granger Kausaliti Antar Variabel

DAFTAR PUSTAKA

Asteriou, D. and Hall, S.G.2007. *Applied Econometrics : A Modern Approach*. Revised Edition. Palgrave Macmillan, New York.

Brooks, Chris. 2008. *Introductory: Econometrics for Finance*. 2nd ed. New York: Cambridge University Press.

Enders, W. 1995. *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Son, Inc. USA.

Enders, W. 2015. *Applied Econometric Time Series*. John Wiley and Sons Interscience Publication, New York.

Gujarati, D. 2003. *Basic Econometrics*. 4th ed. Mc Graw-Hill International Editions, Singapore.

Hanke, John. E. dan Dean W. Wichern. 2005. *Business Forecasting*. Pearson Prentice Hall.

Investing.com (2019), Data Petronas-Gas, https://id.investing.com/equities/petronas-gas-bhd-historical-data, diakses tanggal 14 Januari 2019.

Investing.com (2019), Data Akr-Corporindo, https://id.investing.com/equities/akr-corporindo-historical-data, diakses tanggal 14 Januari 2019.

Investing.com (2019), Data PTT, https://id.investing.com/equities/ptt-historical-data, diakses tanggal 14 Januari 2019.

Kirchgassner, G. and Wolters, J. 2007. *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Springer, Berlin.

Lütkepohl, H. 2005. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer Verlaag, Berlin.

Montgomery, Douglas C., Jennings, Cheryl L., dan Kulahci, Murat. 2008. *Introduction Time Series Analysis and Forecasting.* New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.

Warsono, dkk. 2019. Vector Autoregressive with Exogenous Variable Model and its Application in Modeling and Forecasting Energy Data: Case Study of PTBA and HRUM Energy. International Journal of Energy Economics and Policy. 9(2); 390-398.

Widarjono A. 2007. Ekonometrika Teori dan Aplikasi untuk Ekonomi dan Bisnis. Edisi kedua. Yogyakarta: Ekonisia.

Xe.com (2019), Data Currency Table MYR – Malaysian Ringgit, https://www.xe.com/currencytables/?from=MYR&date=2010-01-17, diakses tanggal 15 Januari 2019.

Xe.com (2019), Data Currency Table IDR – Indonesian Rupiah, https://www.xe.com/currencytables/?from=IDR&date=2010-01-17, diakses tanggal 15 Januari 2019.

Xe.com (2019), Data Currency Table THB – Thai Baht, https://www.xe.com/currencytables/?from=THB&date=2010-01-17, diakses tanggal 15 Januari 2019.