

**ANALISIS HUBUNGAN DAN PREDIKSI INDEKS HARGA
SAHAM GABUNGAN DENGAN FAKTOR MAKROEKONOMI
MELALUI PENDEKATAN COPULA**

DARWIS



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

**PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN
SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA***

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul “Analisis Hubungan dan Prediksi Indeks Harga Saham Gabungan dengan Faktor Makroekonomi melalui Pendekatan Copula” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, November 2016

Darwis
G152140301

RINGKASAN

DARWIS. Analisis hubungan dan prediksi indeks harga saham gabungan dengan faktor makroekonomi melalui pendekatan copula. Dibimbing oleh BAGUS SARTONO dan AJI HAMIM WIGENA.

Saham merupakan salah satu instrumen pasar keuangan yang paling populer. Pada sisi yang lain, saham merupakan instrumen investasi yang banyak dipilih investor karena saham mampu memberikan tingkat keuntungan yang menarik. Investasi adalah upaya untuk menunda konsumsi di masa sekarang. Di pasar sekunder atau dalam aktivitas perdagangan saham sehari-hari, harga-harga saham mengalami fluktuasi baik berupa kenaikan maupun penurunan. Pembentukan harga saham terjadi karena adanya permintaan dan penawaran atas saham tersebut. Dengan kata lain harga saham terbentuk oleh *supply* dan *demand* atas saham tersebut. *Supply* dan *demand* tersebut terjadi karena adanya banyak faktor, baik yang sifatnya spesifik atas saham tersebut (kinerja perusahaan dan industri dimana perusahaan tersebut bergerak) maupun faktor yang sifatnya makro seperti tingkat inflasi, nilai tukar, suku bunga dan faktor-faktor non ekonomi seperti kondisi sosial dan politik, dan faktor lainnya.

Pada umumnya, kasus-kasus dibidang keuangan seringkali dijumpai data yang sebarannya tidak normal atau bahkan dipaksakan dengan asumsi sebaran normal. Salah satu metode dalam model kebergantungan adalah copula yang diperkenalkan pertama kali oleh Sklar pada tahun 1959. Beberapa keunggulan copula adalah tidak erat terhadap asumsi sebaran, khususnya sebaran normal, dapat menjelaskan hubungan yang tidak linear, mudah membangun sebaran bersamanya karena sebaran marginal dari peubah acak bisa berbeda atau bahkan sebaran marginalnya tidak diketahui. Beberapa kelebihan metode copula menarik perhatian peneliti dan terus berkembang dalam bidang keilmuan. Pada penelitian ini akan dikaji mengenai analisis hubungan dan prediksi menggunakan pendekatan copula dan metode ini diterapkan pada pergerakan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) di Bursa Efek Indonesia (BEI).

Hasil menunjukkan pola hubungan IHSG dengan faktor makroekonominya di BEI menggunakan pendugaan parameter copula dengan pendekatan *tau* kendall dengan hasil *fitting log-likelihood* terbesar menunjukkan pola hubungan mengikuti copula gumbel yaitu IHSG dengan inflasi, suku bunga dengan IHSG mengikuti copula clayton, dan nilai tukar mengikuti copula frank sedangkan prediksi peubah indeks harga saham gabungan data simulasi dan data aktual memiliki nilai MAPE 0.112 dengan korelasi sebesar 70.63 %.

Kata kunci: Archimidean copula, gaussian copula, *tau* kendall, saham

SUMMARY

DARWIS. Analysis of Relationships and Prediction of Composite Stock Price Index with Macroeconomic Factors through Copula Approach. Supervised by BAGUS SARTONO and AJI HAMIM WIGENA.

Stock is one instrument of the most popular financial markets. On the other hand, the stock is an investment instrument chosen by investors because it is able to provide an attractive level of profits. Investment is an attempt to delay consumption in the present. In the secondary market or in activities of daily stock trading, stock prices fluctuated either increase or decrease. Stock price formation occurs because of the demand and supply of the stock. In other words, the stock price is formed by supply and demand of the stock. Supply and demand of stock occurs because of many factors, both of which are specific for the stock (performance of the company and the industry in which the company is engaged) and the macro factors such as inflation, exchange rates, interest rates, non-economic factors such as social and political conditions, and other factors.

In a study on the finance, non linear data and abnormalities in the data are often found. The assumption of normality distribution in statistical methods is necessary, due to the ease in estimation methods of calculation. In general, non-normal distribution cases have little attention or even forced assuming normal distribution. One of method in the dependence model very popular today is Copula which was first introduced by Sklar in 1959. Some of the advantages of Copula is not strict on the assumption of distribution (particularly normal distribution), can explain non-linear dependencies, easy to build distribution with it because the marginal distribution of random variables can be different or even unknown². Some of the advantages of copula method attract the attention of researchers and continue to grow in the field of science. In this study discusses analysis of relationships and prediction through copula approach and the method is applied to the movement of the Composite Stock Price Index (CSPI) in Indonesia Stock Exchange (IDX).

Result showed the dependency structure between CSPI and its macroeconomic factors in IDX. Kendall tau approach was performed to estimate the copula parameter with result selected based on the highest log-likelihood fitting showed the dependency CSPI with inflation followed gumbel copula, interests rate CSPI followed clayton copula, CSPI with exchange rate followed frank copula. Predicted CSPI approached the actual data and MAPE model goodness size was 0.112, while the correlation between the actual and estimation data was 70.63%.

Keywords: Archimedean copula, Gaussian copula, kendall tau, stock

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2016
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

**ANALISIS HUBUNGAN DAN PREDIKSI INDEKS HARGA
SAHAM GABUNGAN DENGAN FAKTOR MAKROEKONOMI
MELALUI PENDEKATAN COPULA**

DARWIS

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Statistika Terapan


**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis : Dr Ir Anik Djuraidah MS

Judul Tesis : Analisis Hubungan dan Prediksi Indeks Harga Saham Gabungan
dengan Faktor Makroekonomi melalui Pendekatan Copula
Nama : Darwis
NIM : G152140301


Disetujui oleh
Komisi Pembimbing


Dr Bagus Sartono, SSi MSi
Ketua


Prof Dr Ir Aji Hamim Wigena, MSc
Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Statistika Terapan


Dr Ir Indahwati, MSi

Dekan Sekolah Pascasarjana


Dr Ir Danrul Syah, MSc Agr

Tanggal Ujian:
15 November 2016

Tanggal Lulus 02 DEC 2016

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Dalam penelitian tesis ini berjudul “Analisis Hubungan dan Prediksi indeks harga saham gabungan dengan Faktor Makroekonomi melalui Pendekatan Copula”

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr Bagus Sartono, SSi, MSi dan Bapak Prof Dr Ir Aji Hamim Wigena, MSc selaku pembimbing, atas kesediaan dan kesabaran untuk membimbing dan membagi ilmunya kepada penulis dalam penyusunan tesis ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan sebesar-besarnya kepada seluruh Dosen Departemen Statistika IPB yang telah mengasuh dan mendidik penulis selama di bangku kuliah hingga berhasil menyelesaikan studi, serta seluruh staf Departemen Statistika IPB atas bantuan, pelayanan, dan kerjasamanya selama ini.

Ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang tak terhingga juga penulis ucapkan kepada Ayahanda Lawe dan Ibunda tercinta Hj. Dondeng yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kasih sayang demi keberhasilan penulis menjalani proses pendidikan, juga kakakku Samsia dan Darmia, adikku Farma serta keluarga besarku atas doa dan semangatnya.

Terakhir tak lupa penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh mahasiswa Pascasarjana Departemen Statistika, Himpro Pascasarjana Statistika, Rumana Sulsel IPB atas segala bantuan dan kebersamaannya selama menghadapi masa-masa terindah maupun tersulit dalam menuntut ilmu, serta semua pihak yang telah banyak membantu dan tak sempat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bogor, November 2016

Darwis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
2 TINJAUAN PUSTAKA	2
Copula	2
Konsep Dasar Copula	2
Keluarga Copula	2
Copula Gaussian	2
Copula Archimidean	3
Transformasi Copula ke Seragam [0.1]	4
Pendugaan Parameter Copula	5
Copula Regresi	5
3 METODE	6
Data	6
Prosedur Analisis Data	6
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	7
Deskripsi Data	7
Identifikasi Hubungan antar Peubah dengan Korelasi	10
Identifikasi Hubungan antar Peubah dengan Copula	11
Identifikasi Sebaran Marginal untuk masing-masing Peubah	15
Prediksi Indeks Harga Saham Gabungan	16
5 SIMPULAN DAN SARAN	17
Simpulan	17
Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	20
RIWAYAT HIDUP	24

DAFTAR TABEL

1	Pendugaan paramater copula archimidean	3
2	Peubah -peubah penjelas	6
3	Hasil perhitungan rata-rata dan simpangan baku masing-masing peubah	10
4	Koefisien korelasi antar peubah dan nilai-p	10
5	Penduga paramater copula dengan pendekatan tau kendall	12
6	Hasil pengepasan copula dengan MLE	15
7	Sebaran yang sesuai untuk masing-masing peubah	16
8	Penduga parameter masing-masing sebaran terpilih nilai AIC terkecil	16
9	Nilai MAPE dan korelasi	17

DAFTAR GAMBAR

1	Plot copula Archimedean untuk clayton copula , frank, gumbel	4
2	Plot deret waktu pergerakan inflasi	8
3	Plot deret waktu suku bunga	8
4	Plot deret waktu nilai tukar	9
5	Plot deret waktu IHSG	9
6	Plot tebaran data antara IHSG dengan faktor makroekonomi	11
7	Plot tebaran data hasil transformasi antara IHSG dengan inflasi, suku bunga, dan nilai tukar	12
8	Plot tebaran data rank copula dengan $n = 1000$ anatara IHSG dengan Inflasi mengikuti copula gaussian, clayton, gumbel, dan frank	13
9	Plot tebaran data rank copula dengan $n = 1000$ anatara IHSG dengan suku bunga mengikuti copula gaussian, clayton, gumbel, dan frank	14
10	Plot tebaran data rank copula dengan $n = 1000$ anatara IHSG dengan nilai tukar mengikuti copula gaussian, clayton, gumbel, dan frank	14
11	Plot deret waktu IHSG aktual (garis merah) dan penduga (garis biru)	17

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data Penelitian	20
2	Sintax Copula	21
3	Sintax data simulasi	22

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Analisis korelasi merupakan analisis yang melihat hubungan linear dua peubah yang dinyatakan dengan koefisien korelasi. Analisis korelasi yang seringkali digunakan adalah korelasi Pearson. Metode ini dapat digunakan dengan baik jika memenuhi asumsi yaitu sebarannya normal. Jika hubungan antar semua peubah yang dapat diperhitungkan, maka metode yang dapat digunakan adalah analisis copula.

Beberapa keunggulan copula antara lain tidak ketat terhadap asumsi sebaran, khususnya sebaran normal, dapat menjelaskan hubungan yang tidak linear, mudah membangun sebaran bersamanya karena sebaran marginal dari peubah acak bisa berbeda atau bahkan sebaran marginalnya tidak diketahui (Schölzel dan Friederichs 2008). Selain itu, copula dapat menggambarkan dependensi pada titik-titik ekstrim dengan jelas.

Beberapa penelitian menggunakan pendekatan copula diantaranya untuk memodelkan struktur hubungan pada klimatologi dan meteorology (Vreac *et al.* 2005). Hasil penelitian menunjukkan metode copula memiliki kinerja yang lebih baik dalam kondisi asumsi-asumsi kenormalan terlanggar, manajemen resiko (Villarani *et al.* 2008), copula regresi lebih baik dalam memodelkan daripada *ordinary least square* (OLS) dan *generalized linear models* (GLM) (Parsa dan Klugman 2011), serta gaussian copula marginal regression memodelkan data ekstrem (Sutikno *et al.* 2014).

Pada umumnya, kasus-kasus dibidang keuangan seringkali dijumpai data yang sebarannya tidak normal atau bahkan dipaksakan dengan asumsi sebaran normal. Salah satu kondisi dibidang keuangan yang tidak pasti yaitu saham. Saham adalah salah satu instrumen investasi yang nilainya jualnya berdasarkan kinerja perusahaan penerbit saham dan diperdagangkan di bursa saham dengan imbal hasil sejumlah tertentu tergantung jenis sahamnya. Sedangkan, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) adalah suatu nilai yang berfungsi sebagai pengukuran kinerja suatu saham gabungan di bursa efek (Sunariyah 2003). Pergerakan pasar yang tidak pasti memunculkan risiko yang biasa berasal dari internal perusahaan penerbit saham seperti laporan keuangan atau kondisi keuangan perusahaan ataupun dari eskternal pasar seperti sentimen pasar, perkembangan politik dan sosial negara, dan lain-lain. Sehingga manajemen yang baik mutlak diperlukan dalam mengelola risiko-risiko yang mungkin muncul.

Pada ilmu studi konvensional aset-aset yang ada diasumsikan saling bebas padahal dalam kenyataannya di jaman pasar global seperti aset-aset tersebut tidak sepenuhnya bebas karena setiap bursa saham yang ada hampir dipastikan saling berinteraksi, baik secara langsung maupun tak langsung (Bramantya 2014). Pada studi kontemporer hubungan antar satu aset dengan yang lainnya dapat dimodelkan dengan sebuah fungsi yang bernama copula. Dalam ilmu ekonomi fungsi marginal merupakan fungsi yang menggambarkan risiko suatu aset, baik risiko untung maupun risiko rugi, namun biasanya para analisis berfokus pada risiko rugi. Karena copula menggabungkan dua atau lebih fungsi marginal yang ada, maka copula sangat tepat digunakan untuk melihat hubungan antar peubah yang ada. Oleh karena

itu, pada penelitian ini akan dikaji mengenai analisis hubungan IHSG dan faktor makroekonomi melalui pendekatan copula menggunakan *tau* kendall dan menentukan prediksi indeks harga saham gabungan dari salah satu jenis dari keluarga copula.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Mengidentifikasi keeratan hubungan antara indeks harga saham gabungan dan faktor makroekonominya dengan analisis copula.
2. Menentukan prediksi data simulasi indeks harga saham gabungan.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Copula

Konsep Dasar Copula

Copula adalah fungsi yang menghubungkan marginal univariat menjadi sebaran multivariate, fungsi tersebut merupakan fungsi sebaran bersama dari peubah acak seragam. Apabila terdapat vektor acak (x_1, x_2, \dots, x_p) memiliki fungsi sebaran kumulatif marginal $F_{x_1}, F_{x_2}, \dots, F_{x_p}$ dengan domain R yang tidak turun, yaitu $F_{x_i}(-\infty) = 0$ dan $F_{x_i}(\infty) = 1$, maka sebaran bersamanya seperti persamaan berikut,

$$F(x_1, x_2, \dots, x_p)(x_1, x_2, \dots, x_p) = C(x_1, x_2, \dots, x_p)(F_{x_1}(x_1), F_{x_2}(x_2), \dots, F_{x_p}(x_p)) \quad (1)$$

F_x merupakan fungsi peubah ganda yang bersifat monoton naik, dimana $F(\infty) = 1$. $C(x_1, x_2, \dots, x_p)$ adalah copula, untuk $C_x : [0.1] \times \dots \times [0.1] \rightarrow [0.1]$. Jika fungsi sebaran marginal dari $F_{x_i}(x_i)$ adalah kontinu maka $C(x_1, x_2, \dots, x_p)$ adalah unik (Nelsen 2005) dan dapat ditulis dengan persamaan berikut,

$$C_{(x_1, x_2, \dots, x_p)}(u_1, u_2, \dots, u_p) = \int_0^{u_1} \dots \int_0^{u_n} C_{(x_1, x_2, \dots, x_p)}(u_1, u_2, \dots, u_p) du_1 \dots du_p$$

Untuk C adalah CDF copula dan C adalah persamaan densitas copula.

Keluarga Copula

Beberapa keluarga copula diantaranya adalah copula archimidian, copula eliptik, copula *bivariate extreme value*, dan copula marshal-olkin. Dua keluarga copula yang populer antara lain keluarga eliptik (copula Gaussian dan t-sudent) sedangkan keluarga archimidian (copula Clayton, copula Frank, dan copula Gumbel). Pada penelitian ini hanya menggunakan copula Gaussian (salah satu keluarga copula eliptik) dan copula archimidean.

Copula Gaussian

Salah satu keluarga copula diasumsikan memiliki hubungan yang linear yaitu copula gaussian. Hasil copula gaussian diperoleh dari transformasi peubah acak ke

sebaran normal baku. Vektor acak (x_1, x_2, \dots, x_p) memiliki fungsi sebaran kumulatif marginal yaitu $F_{x_1}, F_{x_2}, \dots, F_{x_p}$, dengan $U_i = F_{x_i}(x_i) \sim U(0,1)$, maka setiap peubah komponen dapat ditransformasi ke peubah acak yang bersebaran sebagai berikut.

$$Z_i = F_{N(0,1)}^{-1}(F_x(x_i)) \sim N(0,1) \quad (2)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, p$ dan mengasumsikan bahwa $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_p)^T$ mengikuti sebaran multivariat normal baku $N(0, \Sigma)$ dengan PDF $f_{N(0, \Sigma)}$ dan matriks varian kovarian Σ . Fungsi copula gaussian adalah sebagai berikut.

$$C_{(x_1, x_2, \dots, x_p)}(u_1, u_2, \dots, u_p) = F_{N(0, \Sigma)}(F_{N(0,1)}^{-1}(u_1), F_{N(0,1)}^{-1}(u_2), \dots, F_{N(0,1)}^{-1}(u_p)) \quad (3)$$

dengan,

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & \sigma_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & 1 & \dots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

sehingga densitas copula normal seperti persamaan berikut,

$$\begin{aligned} C_{(x_1, x_2, \dots, x_p)}(u_1, u_2, \dots, u_p) &= \frac{\partial}{\partial u_1} \cdot \frac{\partial}{\partial u_2} \dots \frac{\partial}{\partial u_p} \cdot C_X(u_1, u_2, \dots, u_p) \\ &= \frac{F_{N(0, \Sigma)}(F_{N(0,1)}^{-1}(u_1), F_{N(0,1)}^{-1}(u_2), \dots, F_{N(0,1)}^{-1}(u_n), F_{N(0,1)}^{-1}(u_p))}{f_{N(0,1)}(F_{N(0,1)}^{-1}(u_1)) \prod_{j=2}^n (f_{N(0,1)}(F_{N(0,1)}^{-1}(u_j)))} \end{aligned} \quad (4)$$

Jika copula normal digunakan pada sebaran normal ganda, maka diasumsikan memiliki hubungan yang linear (Schölzel dan Friederichs 2008).

Copula Archimidean

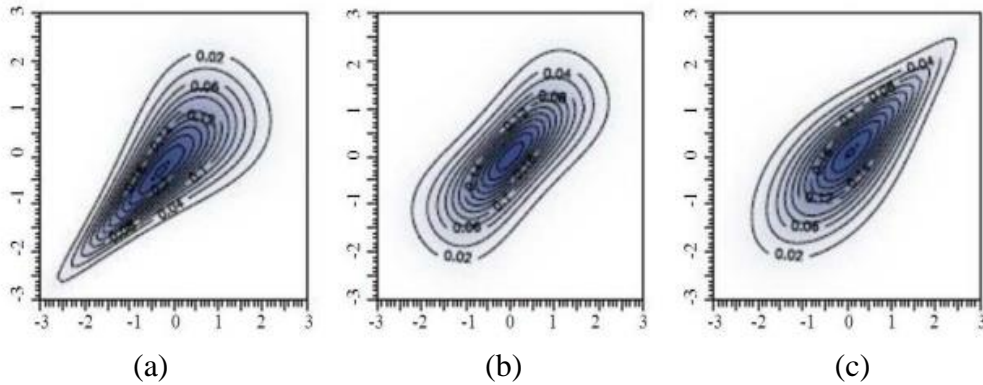
Pada copula archimidean memiliki sebaran dengan *tail* dependensi untuk menunjukkan peluang kondisinya hubungan antar dua peubah pada daerah esktrim. Berbagai macam keluarga dan generatornya dari copula archimidean, yaitu copula clayton, copula frank, dan copula gumbel pada Tabel 1.

Tabel 1 Penduga parameter copula Archimidean

Keluarga	Generator $\phi(\mathbf{u})$
Clayton	$\hat{\theta}_c = \frac{2\tau}{1-\tau}, \theta \in (0, \infty)$
Frank	$\hat{\tau} = 1 - 4(1 - D_1(\theta_F))/\theta_F, \theta \in R \setminus \{0\}$
Gumbel	$\hat{\theta}_G = \frac{1}{1-\tau}, \theta \in [1, \infty)$

Keluarga copula archimidean memiliki *tail* dependensi yang berbeda diantaranya copula clayton mempunyai *tail* dependensi di bagian bawah, copula

frank tidak mempunyai *tail* dependensi, dan copula gumbel mempunyai *tail* dependensi di bagian atas. pola dari masing-masing copula pada Gambar 1.



Gambar 1 Plot copula archimedean untuk clayton copula (a), frank (b), gumbel (c) (Schölzel dan Friederichs 2008)

Transformasi Copula ke Seragam [0.1]

Langkah pertama analisis copula dilakukan dengan mentransformasi peubah acak ke seragam [0.1]. Jika sebaran marginal peubah acak x tidak diketahui maka persamaannya seperti berikut,

$$F_X(x) = \frac{1}{n+1} \sum_{j=1}^n 1(X^{(j)} \leq x); x \in R \quad (5)$$

Proses transformasi dilakukan dengan cara membuat rank untuk masing-masing peubah acak. $R_1^{(j)}, R_2^{(j)}, \dots, R_p^{(j)}$ adalah rank dari X_1, X_2, \dots, X_p yang sebelumnya sudah diubah menjadi matriks masing-masing dibagi dengan $n + 1$ seperti berikut,

$$\left(\left(\frac{R_1^{(j)}}{n+1} \right), \left(\frac{R_2^{(j)}}{n+1} \right), \dots, \left(\frac{R_n^{(j)}}{n+1} \right) \right)$$

Sehingga persamaan copula dengan transformasi seperti berikut,

$$C(u_1, u_2, \dots, u_p) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I \left(\frac{R_1^{(j)}}{n+1} \leq u_1, \frac{R_2^{(j)}}{n+1} \leq u_2, \dots, \frac{R_n^{(j)}}{n+1} \leq u_p \right); \\ u_1, u_2, \dots, u_p \in (0.1) \quad (6)$$

dengan $I(\cdot)$ pada persamaan (5) dan (6) merupakan fungsi indikator jika masing-masing $X^{(j)} \leq x$ dan $\frac{R_i^{(j)}}{n+1} \leq u_i; i = 1, 2, \dots, p$. Cara lain yang digunakan untuk transformasi yaitu melalui fungsi sebaran kumulatifnya dengan persamaan berikut,

$$\begin{aligned} u_1 &= F(x_1) \sim U(0.1) \\ u_2 &= F(x_2) \sim U(0.1) \\ &\vdots \\ u_p &= F(x_p) \sim U(0.1) \end{aligned}$$

Pendugaan Parameter Copula

Pendugaan parameter copula dapat diperoleh dengan metode MLE (Mikosch 2006). Dengan mendeskripsikan parameter yang diberikan copula dan sebaran marginal, MLE diperoleh dengan memaksimumkan fungsi log kemungkinan. f kepekatan dari d -dimensi F dengan marginal univariat F_1, F_2, \dots, F_p dan kepekatan univariat f_1, f_2, \dots, f_p dapat ditulis sebagai berikut;

$$f(x_1, x_2, \dots, x_p) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_p(x_p)) \prod_{i=1}^n f_i(x_i) \quad (7)$$

untuk $C(u_1, u_2, \dots, u_p) = \frac{\vartheta^n(u_1, u_2, \dots, u_p)}{\vartheta_{u_1} \vartheta_{u_2} \dots \vartheta_{u_p}}$ adalah kepekatan dari d -dimensi copula $C(u_1, u_2, \dots, u_d; \theta)$.

Prosedur penduga parameter untuk copula archimidean dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *tau* kendall (Genest dan Rivest 1993) yang dihitung melalui persamaan berikut,

$$\tau = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varnothing(u)}{\varnothing(u)} du \quad (8)$$

Copula Regresi

Model copula regresi yang terbentuk bergantung pada fungsi sebaran copulanya. Untuk mendapatkan nilai Y prediksi adalah dengan mencari nilai harapan dari fungsi peluang bersyarat seperti persamaan berikut,

$$Y = E[y|x] + (y - E[y|x]) = E[y|x] + \varepsilon \quad (9)$$

Jika x_p adalah peubah respon, maka mencari nilai x_p prediksi dapat ditulis dengan persamaan berikut,

$$\begin{aligned} x_p &= E[x_p | x_1, x_2, \dots, x_{p-1}] + (x_p - E[x_p | x_1, x_2, \dots, x_{p-1}]) \\ &= E[x_p | x_1, x_2, \dots, x_{p-1}] + \varepsilon \end{aligned} \quad (10)$$

Untuk fungsi peluang bersyaratnya menggunakan empat peubah amatan seperti persamaan berikut,

$$\begin{aligned} f(y|x) &= \frac{f(x, y)}{f(x)} \\ f(y|x_1, x_2, x_3) &= \frac{f(y, x_1, x_2, x_3)}{f(x_1, x_2, x_3)} = \frac{f_1}{f_2} \end{aligned}$$

Keterangan :

f_1 = sebaran bersama 4 peubah

f_2 = sebaran bersama 3 peubah

$$\check{y}|x = E(y|x_1, x_2, x_3) \approx \text{rata-rata } (y|x_1, x_2, x_3) \quad (11)$$

3 METODE PENELITIAN

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder bulanan indeks harga saham gabungan (IHSG) di BEI periode januari tahun 2010 sampai desember 2014. Untuk memperoleh laporan keuangan perbankan yang diteliti dapat diakses pada situs www.bi.go.id dan www.imf.org. Pada penelitian ini IHSG sebagai peubah respon.

Tabel 2 Peubah -peubah penjelas

Peubah	Faktor makroekonomi
x_1	Inflasi (%)
x_2	Nilai tukar (Rp/USD)
x_3	Suku bunga (%)

Prosedur Analisis Data

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Deskripsi data untuk memperoleh gambaran umum tentang data.
2. Analisis hubungan antar peubah
 - a. Mengidentifikasi hubungan antar peubah dengan korelasi pearson, tau kendall, dan spearman.
 - b. Membuat tebaran data antar peubah untuk mengidentifikasi hubungan antar peubah.
3. Analisis hubungan antar peubah dengan analisis copula
 - a. Transformasi antar peubah ke seragam [0.1].
 - b. Menduga parameter copula antar peubah dengan pendekatan *tau* kendall
 - c. Identifikasi hubungan antar peubah
4. Menganalisis data bangkitan menggunakan jenis fungsi copula gaussian untuk menentukan nilai Y duga.
 Algoritma dalam proses Y duga
 - a. Identifikasi sebaran dari setiap peubah yang terpilih dengan menggunakan nilai AIC terkecil :

$$AIC = -2 \text{Log } \hat{L} - 2K$$

Keterangan :

$\text{Log } \hat{L}$ = nilai maksimum fungsi kemungkinan

K = maksimum kemungkinan model yang diduga

- b. Menentukan matriks korelasinya.
- c. Bangkitkan data sebanyak 500000 amatan dengan 4 peubah yang menyebar multivariat normal baku dengan $\mu = 0$ dan Σ adalah varian kovarian matriks yang diduga dari data.
- d. Menghitung fungsi sebaran kumulatif multivariat normal standar dan peluangnya untuk setiap amatan dari setiap peubah pada data simulasi.
- e. Menghitung kuantil amatan setiap peubah berdasarkan sebaran masing-masing yang telah diduga.

- f. Menentukan nilai Y duga dari data simulasi dengan membuat matriks jarak menggunakan *euclidean*.
5. Hasil data simulasi dengan menentukan nilai MAPE dari 60 amatan :
MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan data amatan.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n}$$

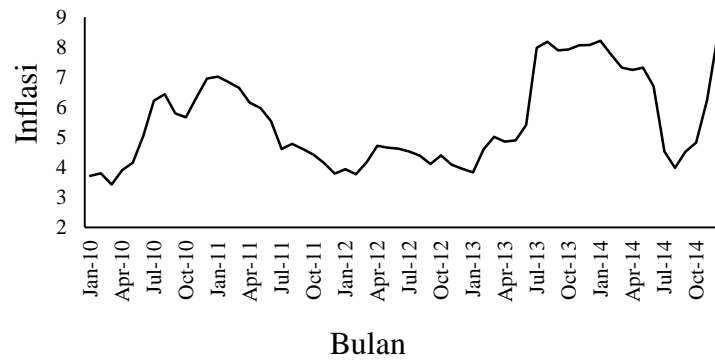
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Analisis statistik deskriptif bertujuan menjelaskan deskripsi data dari seluruh peubah yang akan dimasukkan dalam model penelitian. Hasil Plot deret waktu inflasi, nilai tukar, dan suku bunga, dan IHSG serta tabulasi data diinterpretasikan dalam nilai minimum, maksimum, mean, dan simpangan baku untuk masing-masing peubah.

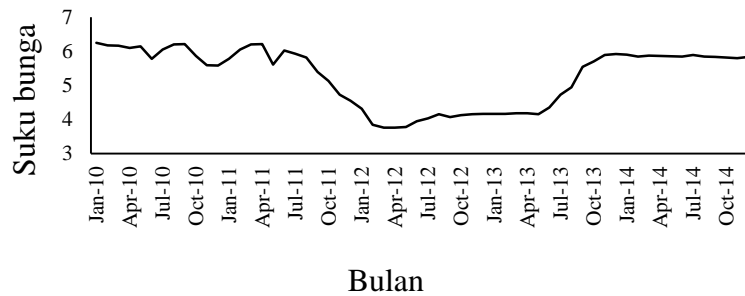
Pergerakan harga konsumen dari paket barang dan jasa yang dikonsumsi masyarakat dari periode Januari tahun 2010 sampai Desember 2015. Pada tahun 2010 keadaan laju inflasi di Indonesia sedang mengalami kenaikan cukup tinggi dibandingkan dengan tingkat inflasi pada tahun sebelumnya. Bahkan pada tahun 2010 tingkat inflasi mendekati angka 7%. Tahun 2010, sumbangan terbesar inflasi berasal dari bahan makanan yang mencapai 3.5%. Penyebab tingginya inflasi didominasi oleh tekanan bahan pangan yang disebabkan terkendalanya pencapaian target produksi pangan akibat anomali cuaca. Kondisi cuaca yang tidak normal mengakibatkan menurunnya pasokan beberapa komoditas pertanian seperti cabe merah dan cabe rawit sehingga tidak dapat menahan lonjakan harga komoditas tersebut. Selain itu, kenaikan harga *Crude Palm Oil (CPO)* di pasar dunia pada akhir tahun 2010 mendorong kenaikan harga minyak goreng domestik dan menjadi salah satu penyumbang inflasi. Sementara pada tahun 2011, pada saat ekonomi tumbuh lebih tinggi ternyata inflasi lebih rendah karena pengendalian pasok dan distribusi bahan pangan yang lebih baik serta pengendalian harga BBM yang tidak meningkat selama tahun 2011 begitu halnya pada sepanjang tahun 2012 masih rendah disebabkan karena tidak adanya kenaikan BBM di tahun 2012 sedangkan kelompok yang memberikan inflasi tertinggi adalah kelompok bahan makanan dan minuman jadi 5.68% serta kelompok minuman, rokok, dan tembakau 6.11%. Pada bulan Mei tahun 2013 inflasi naik yang disebabkan adanya kenaikan bahan makanan yang memberikan kontribusi komponen inflasi hingga 0.22% karena ada Natal dan Tahun Baru.

Pada bulan Agustus tahun 2014 inflasi mengalami penurunan disebabkan stabilnya harga pangan selesai momen Lebaran sehingga laju inflasi tak bergerak tinggi. Dampak Lebaran juga mengakibatkan turunnya harga barang tapi pada bulan Oktober sampai Desember mengalami kenaikan disebabkan kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM) subsidi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Plot deret waktu pergerakan inflasi

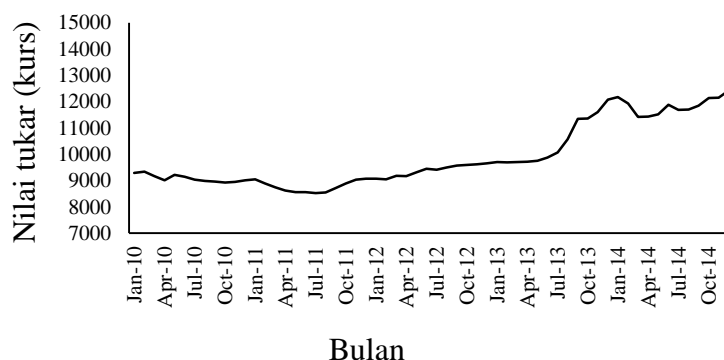
Pergerakan suku bunga Pasar Uang Antar Bank (PUAB) yang ditetapkan oleh setiap Bank. Pada bulan september tahun 2011 sampai maret 2012 PUAB mengalami penurunan disebabkan BI rate tidak berjalan mulus selama ini akibatnya berbagai faktor yang gagal diantisipasi Bank Sentral. Selain itu bank sentral AS (FED) menurunkan suku bunga patokannya hingga 0 %. Karena dianggap belum ampuh, mereka pun akhirnya menerapkan kebijakan cetak uang. Stimulus moneter The Fed memicu bergerak cepat dananya ke negara-negara *emerging markets*, termasuk Indonesia. Ekses likuiditas pun bergerak cepat ke PUAB, sehingga mendorong turunnya suku bunga PUAB pada Gambar 2.



Gambar 2 Plot deret waktu suku bunga

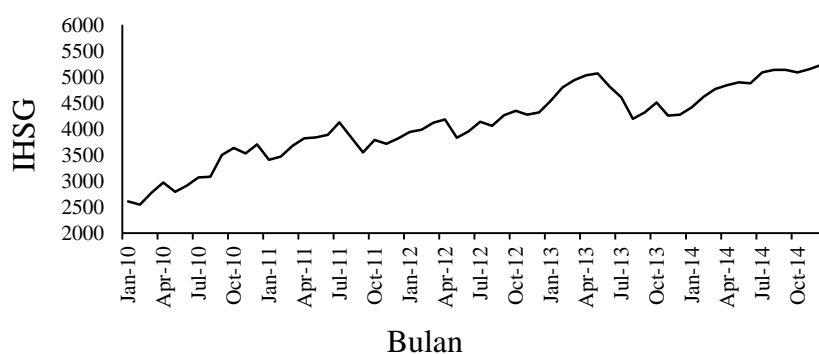
Pergerakan rata-rata nilai tukar per periode dari bank. Sepanjang tahun 2010 sampai 2014 pergerakan rata-rata nilai tukar mengalami peningkatan disebabkan oleh beberapa faktor baik internal maupun internal yang mendorong terjadinya apresiasi rupiah mengalami peningkatan. Pertama, pemulihan perekonomian AS dipandang masih sangat mudah, sebagaimana terindikasi dari lambatnya penurunan pengangguran dari 9.8% bulan januari 2010 menjadi 8.8% bulan april 2011. Hal ini memaksa The Fed mematok dan menahan suku bunga rendah pada level 0.25%. Selain itu, FED memberikan sinyal untuk tetap menerapkan kebijakan stimulus dalam skema kuantitatif asing senilai 600 miliar dollar AS. Dua kebijakan itu membuat penawaran USD di pasar bertambah banyak dan nilainya terhadap rupiah (dan beberapa mata uang lainnya) mengalami penurunan. Kedua, proses pemulihan perekonomian AS membuat permintaan di negara itu terhadap produk-produk yang dihasilkan negara lain mengalami peningkatan cukup signifikan. Ketiga, suku bunga acuan yang ditetapkan BI Rate sebesar 6.75% lebih tinggi dibanding dengan suku bunga di beberapa negara kompetitor, seperti Malaysia 2.75%, Thailand 2.75%, dan China 3.25%. Hal ini membuat pasar keuangan Indonesia relatif lebih

menarik daripada pasar keuangan di beberapa negara tersebut. Menariknya, pasar keuangan membuat arus dana asing yang meminta rupiah mengalir cepat ke negeri ini. Keempat, agresifnya pemerintah dan perusahaan menerbitkan obligasi membuat permintaan USD terhadap rupiah mengalami peningkatan. Tingginya permintaan terhadap obligasi ini membuat nilai rupiah menjadi naik ke atas. Sedangkan akibat melemahnya rupiah tidak lepas dari tingginya permintaan atau kebutuhan akan dollar AS di dalam negeri pada Gambar 3.



Gambar 3 Plot deret waktu nilai tukar

Pergerakan Indeks Harga Saham Gabungan. Pada tahun 2010 IHSG paling rendah dibandingkan tahun-tahun berikutnya. Pada tahun 2011 IHSG juga menunjukkan trend turun dan trend naik. Hal ini diakibatkan krisis ekonomi global yang melanda Amerika Serikat. Tren kenaikan grafik IHSG dapat tahun 2013 yang dikarenakan The Fed mulai mengeluarkan kebijakan stimulusnya. Hal ini mengakibatkan para investor menganggap Indonesia sebagai tempat investasi yang baik sehingga tahun 2014 pertumbuhan IHSG mengalami peningkatan cukup tinggi dikarenakan bertambahnya jumlah investor pada Gambar 4.



Gambar 4 Plot deret waktu IHSG

Nilai tertinggi inflasi sebesar 8.36%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya inflasi atau terjadinya peningkatan harga-harga produk secara keseluruhan adalah sebesar 8.36%, sedangkan nilai terendah sebesar 3.43%. Nilai rata-rata sebesar 5.52% artinya bahwa selama periode penelitian terjadi inflasi selalu mengalami kenaikan. Untuk standar deviasi sebesar 1.49% menunjukkan bahwa ukuran penyebaran inflasi adalah sebesar 1.49% dari 60 pengamatan yang terjadi. Suku bunga menunjukkan nilai tertinggi sebesar 6.25%. Nilai maksimum sebesar 6.25%

artinya besarnya suku bunga yang ditetapkan oleh bank adalah sebesar 6.25%, sedangkan nilai terendah sebesar 3.76%. Nilai rata-rata sebesar 5.26% artinya bahwa selama periode penelitian besarnya suku bunga selalu naik. Untuk standar deviasi sebesar 0.82% menunjukkan bahwa ukuran penyebaran suku bunga adalah sebesar 0.86% dari 60 pengamatan yang terjadi. Nilai tukar menunjukkan besarnya rata-rata nilai tukar rupiah maksimum sebesar 12438.3 artinya besarnya rata-rata nilai tukar yang ditetapkan oleh bank adalah sebesar 12438.3 sedangkan nilai terendah sebesar 8526.80. Nilai rata-rata sebesar 9914.78 artinya bahwa selama periode penelitian besarnya nilai tukar selalu naik. Untuk standar deviasi sebesar 1218.99 menunjukkan bahwa ukuran penyebaran rata-rata nilai tukar adalah sebesar 1218.99 dari 60 pengamatan yang terjadi. IHSG menunjukkan nilai tertinggi sebesar 5227. Nilai maksimum sebesar 5227 artinya IHSG yang ditetapkan di BEI adalah sebesar 5227, sedangkan nilai terendah sebesar 2549. Nilai rata-rata sebesar 4102.32 artinya bahwa selama periode penelitian pergerakan IHSG fluktuasinya terus naik. Untuk standar deviasi sebesar 707.04 menunjukkan bahwa ukuran penyebaran suku bunga adalah sebesar 707.04 dari 60 pengamatan yang terjadi tertera pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan rata-rata dan simpangan baku masing-masing peubah

Peubah	N	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpangan Baku
Inflasi	60	3.43	8.36	5.52	1.49
Suku bunga	60	3.76	6.25	5.26	0.86
Nilai tukar	60	8526.80	12438.3	9914.78	1218.99
IHSG	60	2549	5227	4102.32	707.04

Identifikasi Hubungan antar Peubah dengan Korelasi

Korelasi Pearson, Tau Kendall, dan Spearman

Korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antar peubah. Hasil analisis korelasi IHSG dengan faktor makroekonomi. Analisis korelasi IHSG dan suku bunga memiliki hubungan yang nyata begitupun dengan IHSG dan nilai tukar memiliki hubungan yang nyata atau linear, akan tetapi korelasi IHSG dan inflasi tidak memiliki hubungan yang nyata tertera pada Tabel 4. Selanjutnya mengidentifikasi hubungan antar peubah dengan analisis tebaran data untuk melihat penyebaran datanya.

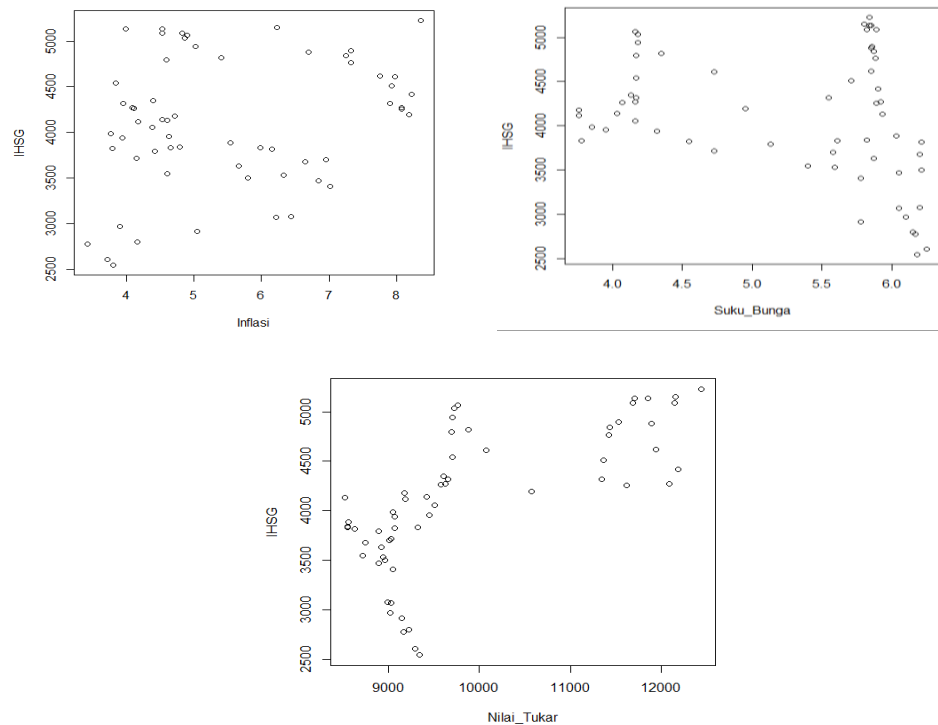
Tabel 4 Koefisien korelasi antar peubah dan nilai-p

Peubah	Pearson		Tau kendall		Spearman	
	Koefisien korelasi	Nilai-p	Koefisien korelasi	Nilai-p	Koefisien korelasi	Nilai-p
IHSG dan Inflasi	0.250	0.054	0.134	0.131	0.245	0.059
IHSG dan Nilai Tukar	0.684**	0.000	0.550**	0.000	0.786**	0.000
IHSG dan Suku Bunga	-0.285*	0.027	-0.222*	0.013	-0.322*	0.012

Keterangan : * nyata pada $\alpha = 0.05$; ** nyata pada $\alpha = 0.01$

Plot Tebaran Data

Tebaran data bertujuan memberikan gambaran hubungan antara IHSG dengan faktor makroekonominya. Hasil plot tebaran data IHSG dengan faktor makroekonominya. Pola hubungan antara IHSG dengan inflasi, suku bunga dan nilai tukar ditunjukkan menggunakan plot tebaran data membentuk pola yang tidak linear pada Gambar 5, sehingga sulit untuk mengidentifikasi hubungan antar peubah padahal berdasarkan hasil analisis korelasi pada Tabel 4 menunjukkan IHSG dengan inflasi dan nilai tukar mempunyai hubungan yang linear.



Gambar 5 Plot Tebaran data antara IHSG dengan inflasi, suku bunga dan nilai tukar

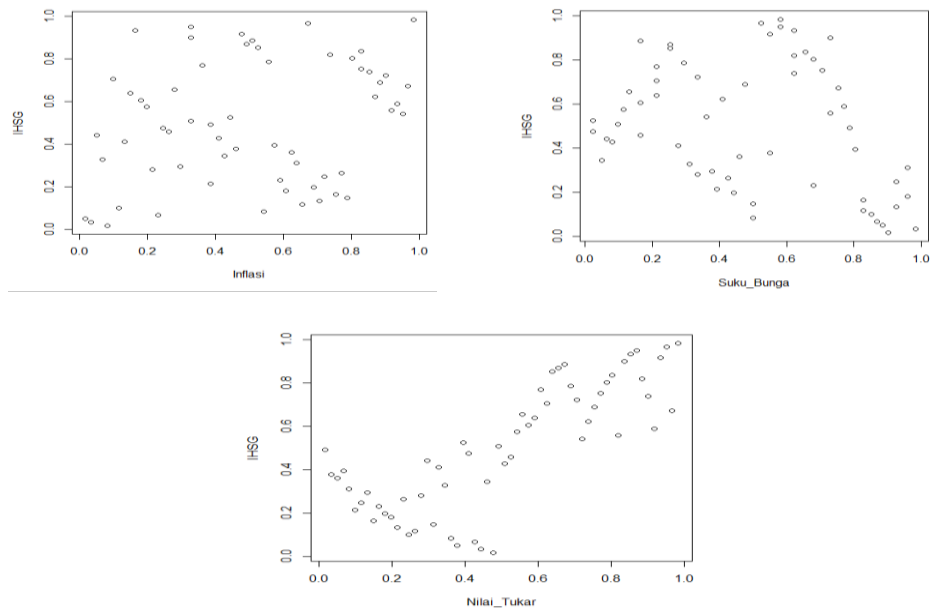
Oleh karena itu, dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan metode copula, dimana secara teoritis telah dibuktikan bahwa copula adalah parameter yang dapat menjelaskan hubungan lebih baik dibandingkan dengan korelasi dan plot tebaran data. Copula merupakan metode yang tidak ketat terhadap asumsi khususnya asumsi normal. Selanjutnya mengidentifikasi hubungan indeks harga saham gabungan dengan faktor makroekonomi dengan analisis copula.

Identifikasi Hubungan antar Peubah dengan Copula

Transformasi antar Peubah

Beberapa keunggulan metode copula adalah menggambarkan hubungan yang tidak erat terhadap asumsi sebaran, dapat menjelaskan hubungan yang tidak linear, dan tidak diketahui sebaran masing-masing peubah acak. Hal ini tidak akan menjadi masalah pada metode ini karena semua peubah acak ditransformasi ke seragam $[0,1]$ pada. Plot Tebaran data antar peubah setelah ditransformasi melalui fungsi sebaran kumulatifnya terlihat titik pengamatan tidak menyebar terlalu jauh.

Data hasil transformasi ini yang akan digunakan untuk menduga parameter copula pada Gambar 6.



Gambar 6 Plot tebaran data hasil transformasi antara IHSG dengan inflasi, suku bunga, dan nilai tukar

Penduga Parameter Copula antar Peubah

Pada penelitian ini parameter copula yang diduga untuk mengidentifikasi hubungan antar peubah salah satu keluarga copula eliptik yaitu copula gaussian. Jika hubungannya mengikuti copula gaussian, maka hal tersebut menunjukkan bahwa ada hubungan linear antar keduanya. Selain itu, mengidentifikasi hubungan antar peubah dari keluarga copula archimedean yaitu copula clayton, frank, dan gumbel. Jika hubungannya mengikuti copula gumbel, clayton, atau frank, artinya terdapat kejadian ekstrim dan terdapat hubungan di titik ekstrim. Hasil duga parameter copula untuk masing-masing copula tertera pada Tabel 5.

Tabel 5 Penduga parameter copula dengan pendekatan *tau* kendall

Peubah	Jenis copula	Paramater	P-value
IHSG dan inflasi	Gumbel	1.155**	0.000
	Clayton	0.309	0.165
	Frank	1.225**	0.000
IHSG dan nilai tukar	Gaussian	0.209	0.103
	Gumbel	2.224**	0.000
	Clayton	2.447**	0.000
	Frank	6.734**	0.000
IHSG dan suku bunga	Gaussian	0.761**	0.000
	Gumbel	-	-
	Clayton	-0.363**	0.001
	Frank	-2.078**	0.000
	Gaussian	-0.341**	0.006

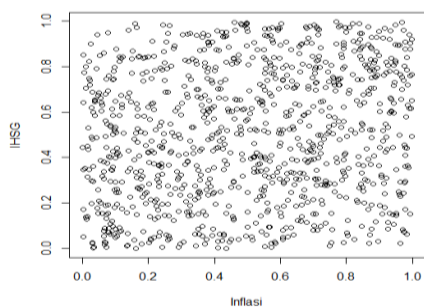
Keterangan : * nyata pada $\alpha = 0.05$; ** nyata pada $\alpha = 0.01$

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan copula teridentifikasi ada hubungan IHSG dan faktor makroekonominya. Jika hubungannya mengikuti copula Gaussian, maka hal tersebut menunjukkan bahwa ada hubungan linear antar keduanya. Jika suatu hubungan mengikuti copula gumbel, clayton, atau frank, artinya terdapat kejadian ekstrim dan terdapat hubungan di titik ekstrim.

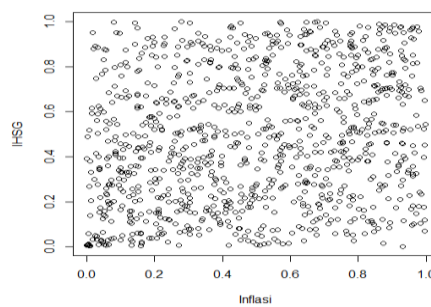
Copula gumbel merupakan copula yang memiliki tail hubungan di bagian atas. Hal ini menunjukkan ketika peubah penjelas hanya memiliki hubungan dengan peubah respon ketika peubah penjelas sangat tinggi, sementara ketika peubah penjelas rendah, maka keeratan hubungan antara keduanya rendah (tidak memiliki hubungan). Pola hubungan yang mengikuti copula clayton menggambarkan bahwa terdapat kejadian ekstrim pada nilai yang rendah, dan terdapat hubungan antara kedua peubah tersebut ketika nilai keduanya rendah, semakin tinggi nilai pengamatan pada peubah tersebut, maka hubungan antara keduanya semakin lemah karena copula ini memiliki tail hubungan di bagian bawah.

Seperti hubungan IHSG dengan inflasi, nilai tukar dan suku bunga yang mengikuti copula clayton. Berbeda dengan copula frank yang tidak memiliki tail hubungan di bagian atas dan bawah, dimana dari titik pengamatan gambarnya copula ini menyerupai copula gaussian. Copula frank menunjukkan bahwa hubungan yang sangat erat antara IHSG dengan inflasi, nilai tukar, dan suku bunga hanya terjadi ketika IHSG dengan inflasi, nilai tukar, dan suku bunga sangat tinggi dan sangat rendah.

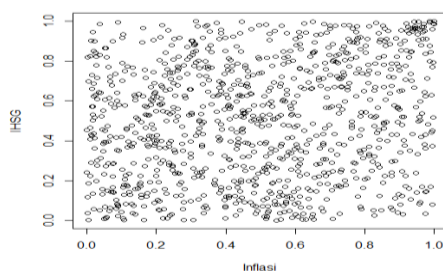
Untuk melihat pola hubungan antara IHSG dengan faktor makroekonominya maka dibangkitkan datanya sebanyak 5000 titik yang dibangkitkan berdasarkan hasil penduga paramaternya. Seperti scatter plot rank copula data $n = 1000$ antara IHSG dengan inflasi, nilai tukar, dan suku bunga yang mengikuti pola hubungan copula gaussian, clayton, gumbel, dan frank seperti gambar berikut.



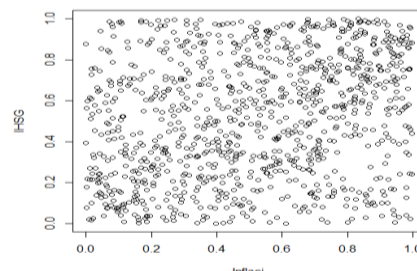
(a)



(b)

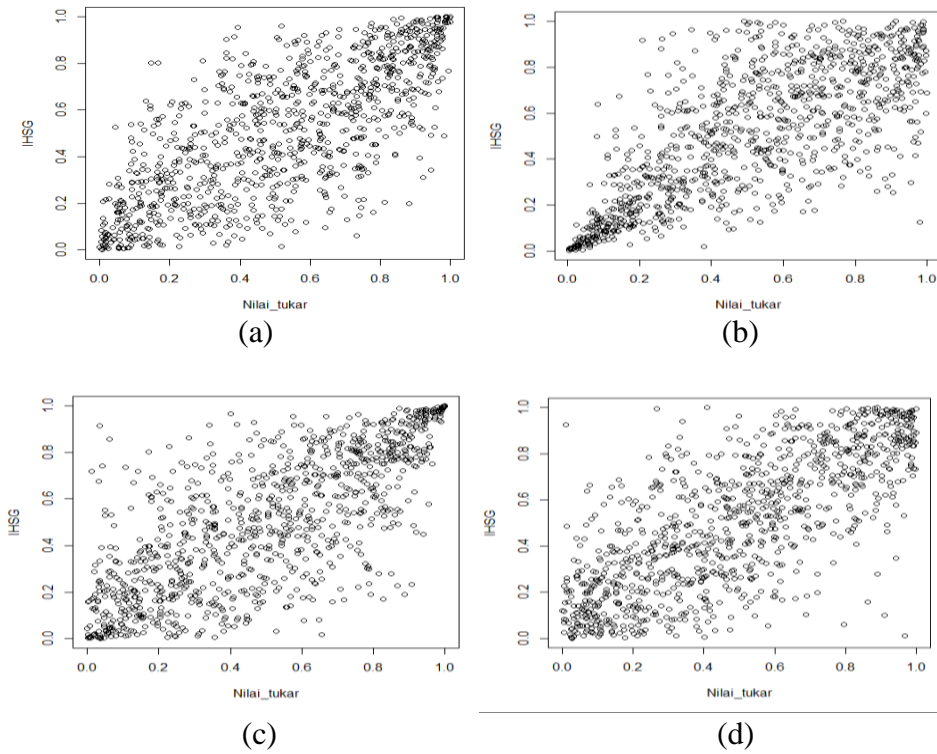


(c)

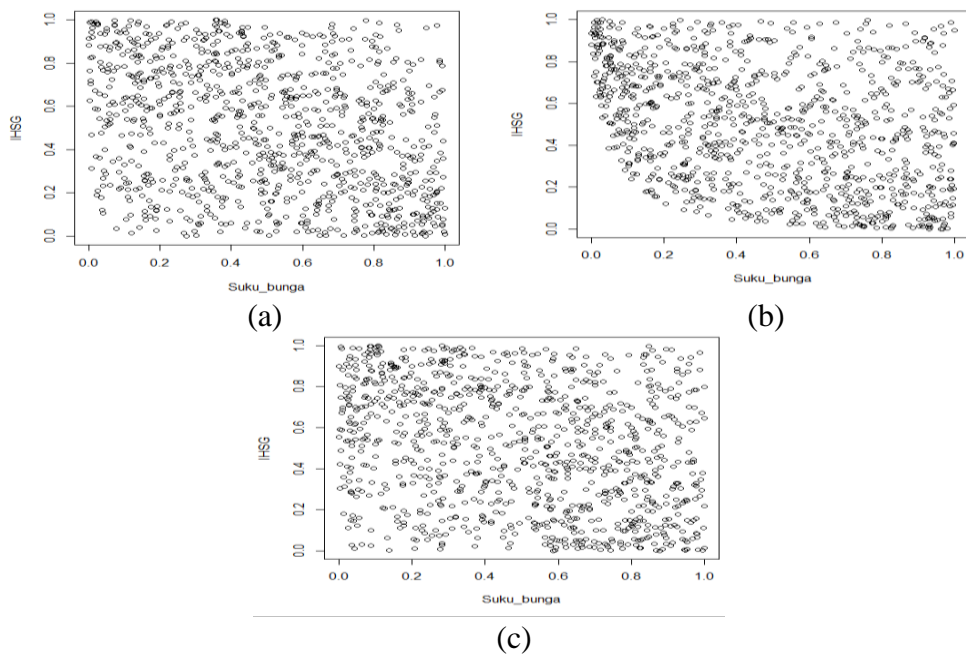


(d)

Gambar 7 Tebaran data rank copula dengan $n = 1000$ antara IHSG dengan inflasi mengikuti copula gaussian (a), clayton (b), gumbel (c), dan frank (d)



Gambar 8 Tebaran data rank copula dengan $n = 1000$ antara IHSG dengan nilai tukar mengikuti copula gaussian (a), clayton (b), gumbel (c), dan frank (d)



Gambar 9 Tebaran data rank copula dengan $n = 1000$ antara IHSG dengan suku bunga mengikuti copula gaussian (a), clayton (b), dan frank (c)

Tabel 6 Hasil pengepasan copula dengan MLE

peubah	Jenis copula	Penduga	Log kemungkinan
IHSG dan inflasi	Gumbel	1.225*	2.746
	Clayton		
	Frank	1.523	1.816
	Gaussian		
IHSG dan nilai tukar	Gumbel	2.263	25.310
	Clayton	0.946	8.102
	Frank	7.552*	25.380
	Gaussian	0.722	19.790
IHSG dan suku bunga	Gumbel	-	-
	Clayton	-0.339*	4.566
	Frank	-1.928	3.006
	Gaussian	-0.339	3.779

Keterangan : * : menunjukkan nilai log kemungkinan terbesar

Pada Tabel 6 menunjukkan hasil pengepasan copula dengan MLE untuk masing-masing copula yang signifikan. Model terbaik untuk masing-masing pasangan peubah dipilih berdasarkan hasil pengepasan dengan log kemungkinan terbesar. Model hubungan antara IHSG dan Inflasi mengikuti copula gumbel karena nilai log kemungkinannya terbesar dibandingkan dengan copula yang lain. Hal ini menunjukkan ketika inflasi hanya memiliki hubungan dengan IHSG ketika inflasi sangat tinggi, sementara ketika inflasi rendah, maka keeratan hubungan antara keduanya rendah (tidak memiliki hubungan). Begitupula dengan hubungan antara IHSG dan suku Bunga mengikuti copula clayton, yang menggambarkan bahwa terdapat kejadian ekstrim pada nilai yang rendah, dan terdapat hubungan antara kedua peubah tersebut ketika nilai keduanya rendah, semakin tinggi nilai pengamatan pada peubah tersebut, maka hubungan antara keduanya semakin lemah karena copula ini memiliki *tail* hubungan di bagian bawah seperti hubungan IHSG dengan inflasi dan suku bunga. Berbeda dengan hubungan IHSG dan nilai tukar yang nilai log kemungkinannya terbesar mengikuti copula frank yang menunjukkan bahwa hubungan yang sangat erat antara IHSG dengan nilai tukar jika terjadi ketika IHSG dengan nilai tukar sangat tinggi dan sangat rendah. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai Y duga dengan fungsi bersyarat melalui bangkitan data dengan mengitung rata-rata dari hasil bangkitan datanya untuk menndapat data simulasinya.

Identifikasi Sebaran Marginal untuk masing-masing Peubah

Identifikasi sebaran marginal sebaran yang sesuai untuk masing-masing peubah acak dengan menggunakan pengamatan *Cullen and Frey graph* pada program R, didapatkan sekitar beberapa sebaran yang sesuai dengan setiap peubah acak dan dipilih sebaran yang terpilih dengan nilai AIC terkecil. Untuk menentukan model Y duga rata-rata maka diperlukan sebaran dari masing-masing peubah dari data di bursa efek Indonesia. Langkah selanjutnya setelah dipilih empat sebaran yang sesuai diantaranya lognormal, normal, gamma, serta weibull dari empat sebaran ini digunakan dalam menduga parameter. Sebaran yang terpilih yang

mendekati sebaran dari setiap masing-masing peubah ditentukan nilai AIC terkecil, tertera pada Tabel 7.

Tabel 7 Sebaran yang sesuai untuk masing-masing peubah

Peubah	Sebaran yang terpilih	Nilai AIC
IHSG	Lognormal	965.778
	Normal	960.595
	Gamma	963.536
	Weibull*	958.300
Inflasi	Lognormal*	214.279
	Normal	221.552
	Weibull	222.509
	Gamma	215.951
Nilai tukar	Lognormal*	1020.186
	Weibull	1036.204
	Normal	1025.958
	Gamma	1021.974
Suku bunga	Lognormal	161.128
	Weibull*	148.007
	Normal	155.629
	Gamma	159.038

Keterangan : * : menunjukkan nilai AIC terkecil

Pada Tabel 7 menunjukkan hasil nilai AIC terkecil dari empat peubah yang mendekati sebaran yang dimiliki dan dua sebaran yang terpilih dari tabel tersebut yaitu sebaran weibull dan lognormal. Kedua sebaran ini ditentukan nilai parameter dari empat peubah untuk IHSG dengan mengikuti sebaran weibull, inflasi mengikuti sebaran lognormal, nilai tukar mengikuti sebaran lognormal, serta suku bunga mengikuti sebaran weibull. Hasil penduga parameter masing-masing peubah. Setelah mengidentifikasi sebaran dari setiap peubah maka langkah selanjutnya menghitung rata-rata dari Y duga untuk mendapat dugaan data yang dibangkitkan dengan 500 ribu baris tertera pada Tabel 8.

Tabel 8 Penduga parameter masing-masing sebaran terpilih nilai AIC terkecil

Peubah	Sebaran	Parameter
IHSG	Weibull	$\hat{\mu} = 6.919377$ $\hat{\sigma} = 4393.419912$
Inflasi	Lognormal	$\hat{\mu} = 1.6736401$ $\hat{\sigma} = 0.2617806$
Nilai tukar	Lognormal	$\hat{\mu} = 9.194746$ $\hat{\sigma} = 0.117013$
Suku bunga	Weibull	$\hat{\mu} = 8.058406$ $\hat{\sigma} = 5.619454$

Prediksi Indesk Harga Saham Gabungan

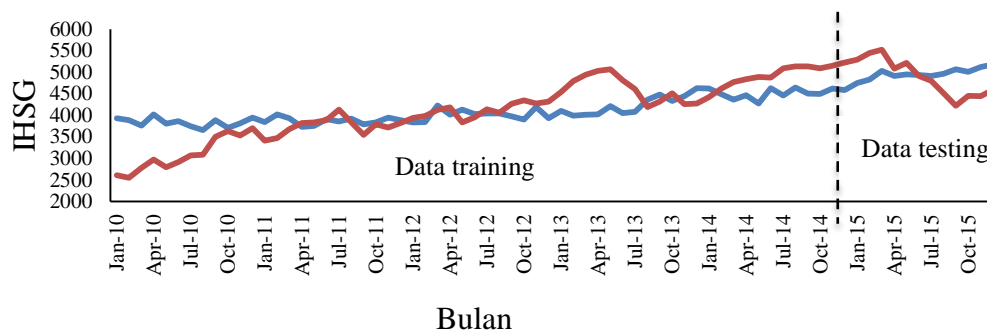
Prediksi data simulasi didapatkan dari hasil bangkitan data dengan 500 ribu baris dan dipilih Y duga rata-rata didapat dari sebaran masing-masing peubah yang terpilih setelah itu menghitung matriks korelasi dari semua peubah. Untuk mengetahui ukuran kebaikan Y duga maka ditunjukkan nilai MAPE dan korelasi

pada data aktual IHSG dan hasil penduganya. Ukuran kebaikan model nilai MAPE sebesar 0.112 sedangkan korelasi antara data aktual dengan dugaannya sebesar 0.7063 atau 70.63 % pada Tabel 9.

Tabel 9 Nilai MAPE dan korelasi

Nilai	Data training (60 amatan)	Data testing
Mape	0.1122	0.0955
Korelasi	0.7063	-0.6028

Line plot IHSG dengan membandingkan data aktual IHSG dan hasil penduganya. Hasil prediksi IHSG mendekati data aktualnya. Pada data training bulan september 2010 sampai bulan februari tahun 2011 memiliki prediksi yang bagus, begitupun bulan september tahun 2010 sampai april tahun 2012 serta bulan agustus sampai januari 2014 mendekati data aktualnya, sedangkan untuk bulan yang lainnya masih kurang bagus nilai Y duganya seperti pada Gambar 10.



Gambar 10 Plot deret waktu IHSG aktual (merah) dan penduga (biru)

5 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis pemodelan indeks harga saham gabungan pada bursa efek Indonesia dengan faktor makroekonominya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pola hubungan IHSG dengan faktor makroekonominya di BEI menggunakan pendugaan parameter copula dengan pendekatan *tau* kendall dengan hasil pengepasan log kemungkinan terbesar menunjukkan pola hubungan mengikuti copula gumbel yaitu IHSG dengan inflasi, suku bunga mengikuti copula clayton, dan IHSG dengan nilai tukar mengikuti copula frank.
2. Hasil prediksi peubah indeks harga saham gabungan data simulasi dan data aktual memiliki nilai MAPE 0.112 dengan korelasi sebesar 70.63 %.

Saran

Pada penelitian ini, hanya membatasi pendugaan untuk jenis copula gaussian yang masih mengasumsikan bahwa hubungan antara peubah respon dan penjelas bersifat linear. Sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya mengkaji dan mengaplikasikan pemodelan dengan metode jenis copula lain seperti copula frank, copula clayton, dan copula gumbel.

DAFTAR PUSTAKA

- Baramantya IS. 2014. Pemodelan indeks harga saham gabungan dan penentuan *rank correlation* dengan menggunakan copula [skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Genest C, Rivest LP. 1993. Statistical Inference Procedures for Bivariate Archimedean Copulas. *Journal of The American Statistical Association*. 88(423) : 1034-1043.
- Gumbel EJ. 1960. Bivariate Exponential Distribution. *Journal of The American Statistical Association*. 55: 689-707.
- Masarotto G, Varin C. 2012. Gaussian Copula Marginal Regression. *Electronic Journal of Statistics*. 6 : 1517-1549.
- Moran PAP. 1969. Statistical Inference with Bivariate Gamma Distributions. *Biometrika*. 54 : 385-394.
- Montgomery DC. 2012. *Introduction to Linear Regression Analysis*. Georgia (US). WILEY.
- Mikosch T. 2006. Copulas : Tales and Facts. *Extremes*. 9:3-20.doi:10.1007/s10687-006-0015-x.
- Nelsen RB. 2005. *An Introduction to Copulas*. Oregon (US): Springer Science and Business Media.Inc.
- Parsa RA, Klugman SA. 2011. Copula Regression. *Variance : Advancing the Science of Risk*. 5 : 45-54
- Salamah M, Kuswanto H. 2010. Identifikasi Struktur Dependensi dengan Copula. *Journal Chauchy*. ISSN: 2086-0328.
- Sunariyah. 2003. *Pengantar Pengatahuan Pasar Modal*. Ed ke-3. Yogyakarta (ID) : UPP AMP YKPN.
- Sutikno, Kuswanto H, Ratih ID. 2014. Gaussian Copula Marginal Regression for modelling extreme data with application. *J Mathematics and Statistics*. 10(2): 192-200.
- Schöles C, Friederichs PD. 2008. Multivariate non-normally distributed random variables in climate research-introduction to the copula approach. *Nonlin. Process Geophys*. 15: 761-772.doi:10.5194/npg-15-761.
- Schmidt T. 2006. Copulas from Theory to Application in Finance. *IJTAF*, forthcoming.
- Sungur EA. 2006. Some Observation on Copula Regression Functions. *Communicatio in statistics-Theory and Methods*. 34: 1967-1978.

- Villarani G, Serinaldi F, Krajewski. 2008. Modelling radar-rainfall estimation uncertainties using parametric and non-parametric approaches. *Adv. Water Resour.* 31: 1674-1686. doi :10.1016/j.advwatres.2008.08.002.
- Vreac M, Chedin A, Diday E. 2005. Clustering a global field of atmospheric profiles by mixture decomposition of copulas. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 22: 1445-1459. doi: 10.1175/JTECH1975.1.

Lampiran 1 **Data Penelitian**

Tahun 2010-2014	Y (IHSG)	X1 Inflasi (%)	X2 Nilai Tukar (RP/USD)	X3 Suku Bunga (%)
Jan-10	2611	3.72	9296.5	6.25
Feb-10	2549	3.81	9346.5	6.18
Mar-10	2777	3.43	9168.5	6.17
Apr-10	2971	3.91	9017.3	6.1
May-10	2797	4.16	9225.5	6.15
Jun-10	2914	5.05	9153	5.78
Jul-10	3069	6.22	9032	6.05
Aug-10	3082	6.44	8987.8	6.2
Sep-10	3501	5.8	8965.3	6.21
Oct-10	3635	5.67	8928.5	5.87
Nov-10	3531	6.33	8948	5.59
Dec-10	3704	6.96	9016.3	5.58
Jan-11	3409	7.02	9049.5	5.78
Feb-11	3470	6.84	8894	6.05
Mar-11	3679	6.65	8748	6.2
Apr-11	3820	6.16	8629.5	6.21
May-11	3837	5.98	8557.5	5.61
Jun-11	3889	5.54	8565.5	6.03
Jul-11	4131	4.61	8526.8	5.93
Aug-11	3842	4.79	8550.3	5.82
Sep-11	3549	4.61	8722.8	5.4
Oct-11	3791	4.42	8891	5.13
Nov-11	3715	4.15	9035	4.73
Dec-11	3822	3.79	9075.3	4.55
Jan-12	3942	3.94	9073.8	4.32
Feb-12	3985	3.77	9048	3.85
Mar-12	4122	4.18	9184	3.76
Apr-12	4181	4.72	9176.75	3.76
May-12	3833	4.66	9321.25	3.78
Jun-12	3956	4.63	9449	3.95
Jul-12	4142	4.53	9418.25	4.03
Aug-12	4060	4.39	9505.25	4.16
Sep-12	4263	4.11	9578	4.07
Oct-12	4350	4.4	9603.25	4.13
Nov-12	4276	4.09	9625.25	4.16
Dec-12	4317	3.95	9656.75	4.17
Jan-13	4545	3.84	9702.75	4.17
Feb-13	4796	4.6	9697.25	4.17
Mar-13	4941	5.02	9709.42	4.18

Apr-13	5034	4.86	9724.05	4.18
May-13	5069	4.9	9760.91	4.16
Jun-13	4819	5.41	9881.53	4.35
Jul-13	4610	7.98	10073.1	4.73
Aug-13	4195	8.18	10572.5	4.95
Sep-13	4316	7.9	11346.2	5.55
Oct-13	4511	7.93	11366.9	5.71
Nov-13	4256	8.07	11613.1	5.89
Dec-13	4274	8.08	12087.1	5.92
Jan-14	4419	8.22	12179.6	5.9
Feb-14	4620	7.75	11935.1	5.85
Mar-14	4768	7.32	11427	5.88
Apr-14	4840	7.25	11435.8	5.87
May-14	4894	7.32	11525.9	5.86
Jun-14	4879	6.7	11892.6	5.85
Jul-14	5089	4.53	11689.1	5.89
Aug-14	5137	3.99	11706	5.85
Sep-14	5138	4.53	11849.9	5.84
Oct-14	5090	4.83	12144.9	5.82
Nov-14	5150	6.23	12158.3	5.8
Dec-14	5227	8.36	12438.3	5.84

Sintax Copula :

```
indonesia<-read.table("D:/DATAIHS4/IHSGku.csv", header=T, sep=",")
```

```
  y<-indonesia[,1]
```

```
  x<-indonesia[,2]
```

```
  n<-nrow(indonesia)
```

```
  bwi1<-cbind(x,y)
```

```
  u<-bwi1[,1]
```

```
  v<-bwi1[,2]
```

```
rankbwi1<-apply(bwi1,2,rank)/(n+1)
```

```
plot(rankbwi1,xlab="Inflasi",ylab="IHSG")
```

```
ckd<-cor(x,y,method="kendall")
```

```
thG<-iTau(gumbelCopula(),ckd)
```

```
thF<-iTau(francCopula(),ckd)
```

```
thc<-iTau(claytonCopula(),ckd)
```

```
thN<-iTau(normalCopula(),ckd)
```

```
fitCopula(gum,rankbwi1,method="itau")
```

```
fitCopula(fra,rankbwi1,method="itau")
```

```
fitCopula(cla,rankbwi1,method="itau")
```

```
fitCopula(nor,rankbwi1,method="itau")
```

```
fitCopula(gum,rankbwi1,method="ml")
```

```
fitCopula(fra,rankbwi1,method="ml")
fitCopula(cia,rankbwi1,method="ml")
fitCopula(nor,rankbwi1,method="ml")
```

```
n<-1000
gn<-gumbelCopula(1.666667)
jsK<-rCopula(n,gn)
plot(jsK,xlab="Inflasi",ylab="IHSG")
```

Sintax Data Simulasi :

```
indonesia<-read.table("D:/DATAIHSG4/IHSG.csv", header=T, sep=",")
x1<-indonesia[,1]
x2<-indonesia[,2]
x3<-indonesia[,3]
x4<-indonesia[,4]
```

```
IHSG<-as.matrix(x1)
Inflasi<-as.matrix(x2)
NT<-as.matrix(x3)
SK<-as.matrix(x4)
```

```
a<-IHSG[,]
b<-Inflasi[,]
c<-NT[,]
d<-SK[,]
```

```
x<-cbind(IHSG,Inflasi,NT,SK)
plotdist(a,histo=TRUE,demp=TRUE)
descdist(a)
plotdist(b,histo=TRUE,demp=TRUE)
descdist(b)
plotdist(c,histo=TRUE,demp=TRUE)
descdist(c)
plotdist(d,histo=TRUE,demp=TRUE)
descdist(d)
```

```
lqweibull1<-fitdist(a,"weibull")
lqweibull2<-fitdist(b,"lnorm")
lqweibull3<-fitdist(c,"lnorm")
lqweibull4<-fitdist(d,"weibull")
```

```
summary(lqweibull1)
summary(lqweibull2)
summary(lqweibull3)
summary(lqweibull4)
```

```
mk<-cor(x)
z<-mvrnorm(500000,c(0,0,0,0),mk,empirical=TRUE)
cdf<-pnorm(z, mean = 0, sd = 1, lower.tail = TRUE, log.p = FALSE)

x1<-qweibull(cdf[,1],6.919377,4393.419912,lower.tail=TRUE,log.p = FALSE)
x2<-qlnorm(cdf[,2],1.6736401,0.2617806,lower.tail = TRUE,log.p = FALSE)
x3<-qlnorm(cdf[,3],9.194746,0.117013,lower.tail = TRUE,log.p = FALSE)
x4<-qweibull(cdf[,4],8.058406,5.619454,lower.tail = TRUE,log.p = FALSE)

datasimulasi<-cbind(x1,x2,x3,x4)
mj<-rdist(datasimulasi[,2:4],x[,2:4])
ai<-cbind(datasimulasi[,1],mj)

    ko<-ncol(ai)
    ba<-nrow(ai)
    Prediksi<-NULL
    for (i in 1:(ko-1)){
        ambil<-ifelse(ai[,i+1]<0.9,1,0)
        Prediksi[i]<-mean(ai[ambil==1,1])
    }
Prediksi
```

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sidenreng Rappang (Sidrap) pada tanggal 27 Januari 1991 dari pasangan Lawe dan Hj. Dondeng. Penulis adalah anak ketiga dari empat bersaudara. Pendidikan sekolah menengah ditempuh di SMA Negeri 1 Watang Pulu program IPA, lulus pada tahun 2010. Pada tahun yang sama penulis diterima di program studi Statistika Universitas Hasanuddin Makassar dan menyelesaikannya pada tahun 2014.

Pada tahun yang sama juga yaitu tahun 2014 berkesempatan melanjutkan program magister (S2) pada program studi Statistika Terapan, Sekolah Pascasarjana IPB, dengan program Beasiswa *Fresh Graduate* dari Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (Dikti). Selama mengikuti perkuliahan, penulis juga aktif sebagai anggota RUMANA Sulawesi Selatan tahun 2014/2015, anggota Himpunan Mahasiswa Muslim Pascasarjana (HIMMPAS IPB) 2014/2015, Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Profesi Pascasarjana Statistika (HIMPRO Pascasarjana Statistika IPB) 2015/2016, serta anggota Komunitas Kajian Mahasiswa Muslim (KKMM IPB) 2016.