

Kuliah 13: Contoh Peramalan Model Heteroskedastik

Koordinator Tim: I Wayan Sumarjaya (sumarjaya@unud.ac.id)
Anggota Tim Teaching I: I Gusti Ayu Made Srinadi (srinadi@unud.ac.id)
Anggota Tim Teaching II: Made Susilawati (mdsusilawati@unud.ac.id)

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah

Mampu mengevaluasi kelayakan model deret waktu heteroskedastik yang sesuai (S5, S9, KU1, KU2, KU9, KK1, KK2, PP1)

Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa mampu mengevaluasi kelayakan model deret waktu heteroskedastik (C5, P2, A2)

Indikator

1. Ketepatan mengevaluasi stylized fact data finansial
2. Ketepatan mengevaluasi model ARCH dan GARCH melalui spesifikasi dan estimasi model dengan tepat
3. Ketepatan menggunakan R untuk menguji efek ARCH dan GARCH
4. Ketepatan menggunakan R untuk mengevaluasi model heteroskedastik pada data finansial

Bahan Kajian/Materi Ajar

1. Stylized fact data finansial
2. Volatilitas pada data finansial
3. Model ARCH dan GARCH
4. Estimasi model ARCH dan GARCH dengan metode kemungkinan maksimum
5. Menguji efek ARCH dan GARCH
6. Aplikasi pada data finansial

13.1 Contoh Analisis Data NASDAQ

Pada bagian sebelumnya kita telah melihat bahwa data NASDAQ memiliki kurtosis berlebih. Kita akan lihat apakah data ini menyebar normal melalui uji kenormalan Jarque-Berra.

```
> ## Uji kenormalan return NASDAQ
> library(tseries)
> jarque.bera.test(rtrn.NASDAQ.Open)
```

Jarque Bera Test

```
data:  rtrn.NASDAQ.Open
X-squared = 55034, df = 2, p-value < 2.2e-16
```

Hasil pengujian kenormalan menggunakan statistik uji Jarque-Berra menghasilkan p-value yang sangat kecil. Hal ini berarti tidak cukup bukti untuk menerima hipotesis kenormalan. Dengan demikian, data return NASDAQ tidak menyebar normal.

Kemudian, kita akan menguji secara formal apakah terdapat autokorelasi pada data return NASDAQ.

```
> library(FinTS)
> AutocorTest(rtrn.NASDAQ.Open)
```

Box-Ljung test

```
data:  rtrn.NASDAQ.Open
X-squared = 35.991, df = 10, p-value = 8.448e-05
```

Pengujian autokorelasi menghasilkan p-value $8,448 \times 10^{-5} < 0,05$. Hal ini berarti tidak cukup bukti untuk menerima hipotesis null bahwa tidak terdapat autokorelasi pada data. Bagaimana dengan data return kuadrat dan return mutlak?

```
> AutocorTest(abs(rtrn.NASDAQ.Open))
```

Box-Ljung test

```
data:  abs(rtrn.NASDAQ.Open)
X-squared = 13378, df = 10, p-value < 2.2e-16
```

```
> AutocorTest(rtrn.NASDAQ.Open^2)
```

Box-Ljung test

```
data:  rtn.NASDAQ.Open^2
X-squared = 8031.7, df = 10, p-value < 2.2e-16
```

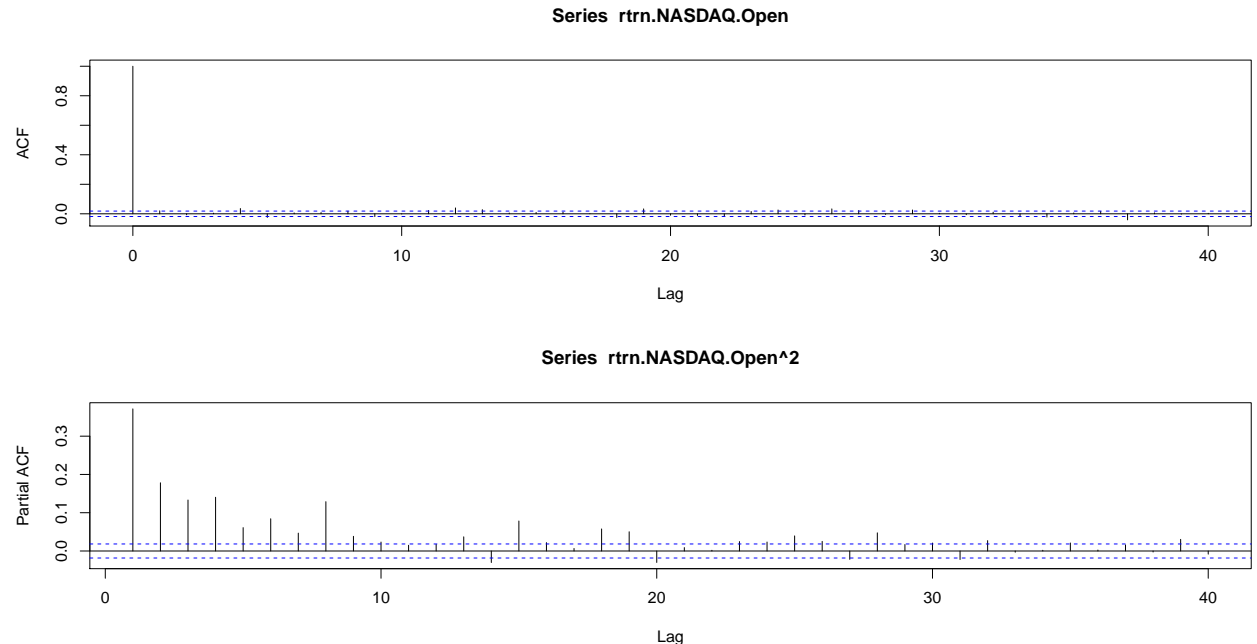
Hasil pengujian autokorelasi pada return kuadrat dan return multak juga menunjukkan terdapat autokorelasi pada data. Sekarang, kita akan menguji apakah ada efek ARCH atau tidak pada data return NASDAQ.

```
> ArchTest(rtrn.NASDAQ.Open)
```

ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects

```
data:  rtn.NASDAQ.Open
Chi-squared = 2529.9, df = 12, p-value < 2.2e-16
```

Kita lihat bahwa $p\text{-value} = 2,2 \times 10^{-16} < 0$. Jadi hipotesis null bahwa tidak ada efek ARCH ditolak. Dengan demikian, kita akan mencoba model GARCH. Identifikasi plot ACF pada return kuadrat tidak memberikan gambaran yang jelas apakah terdapat lag yang signifikan (terpotong). PACF return kuadrat memperlihatkan pola yang meluruh (*decay*). Oleh karena itu, kita dapat menggunakan EACF sebagai alat bantu.



Gambar 13.1: ACF dan PACF return kuadrat NASDAQ.

```

> library(TSA)
> eacf(rtrn.NASDAQ.Open^2)
AR/MA
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
0 x x x x x x x x x x x x x x x
1 x x x x x x x x o o o o x x
2 x x x x o o x x x o o o o x
3 x x x o o x x x x x o o o x
4 x x x o x o x x x o o o o x
5 x x x x x o o x x o x o o x
6 x x x x x x x x x o x x x x
7 x x x x x x x o o o x x x o

```

Penggunaan EACF juga tidak banyak membantu. Strategi kita adalah memodelkan heteroskedastisitas dengan ARCH/GARCH tingkat yang tinggi, kemudian menurunkan tingkat jika ternyata tidak signifikan. Kita akan mencoba tingkat yang lebih tinggi, misalnya ARCH(6). Berikut ini contoh luaran untuk model ARCH(6):

```

> summary(arch6.NASDAQ)

Title:
GARCH Modelling

Call:
garchFit(formula = ~garch(6, 0), data = rtrn.NASDAQ.Open)

Mean and Variance Equation:
data ~ garch(6, 0)
<environment: 0x0a7f18bc>
[data = rtrn.NASDAQ.Open]

Conditional Distribution:
norm

Coefficient(s):
mu      omega      alpha1      alpha2      alpha3      alpha4
0.00071228 0.00002365 0.20300251 0.14133713 0.16778652 0.13332534
alpha5      alpha6
0.15625929 0.10190889

Std. Errors:
based on Hessian

```

Error Analysis:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
mu	7.123e-04	7.728e-05	9.217 < 2e-16 ***
omega	2.365e-05	1.014e-06	23.321 < 2e-16 ***
alpha1	2.030e-01	1.451e-02	13.992 < 2e-16 ***
alpha2	1.413e-01	1.283e-02	11.020 < 2e-16 ***
alpha3	1.678e-01	1.395e-02	12.031 < 2e-16 ***
alpha4	1.333e-01	1.296e-02	10.286 < 2e-16 ***
alpha5	1.563e-01	1.324e-02	11.800 < 2e-16 ***
alpha6	1.019e-01	1.258e-02	8.102 4.44e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log Likelihood:

36720.51 normalized: 3.216301

Description:

Thu May 19 23:35:28 2016 by user: wayan

Standardised Residuals Tests:

Statistic p-Value

Jarque-Bera Test	R	Chi ²	5831.457	0
Shapiro-Wilk Test	R	W	NA	NA
Ljung-Box Test	R	Q(10)	182.4222	0
Ljung-Box Test	R	Q(15)	201.7531	0
Ljung-Box Test	R	Q(20)	215.9813	0
Ljung-Box Test	R ²	Q(10)	45.68727	1.633949e-06
Ljung-Box Test	R ²	Q(15)	53.72935	2.914976e-06
Ljung-Box Test	R ²	Q(20)	63.3598	2.124511e-06
LM Arch Test	R	TR ²	48.39524	2.667432e-06

Information Criterion Statistics:

AIC	BIC	SIC	HQIC
-6.431201	-6.426056	-6.431202	-6.429471

Jika Anda lanjutkan ke tingkat yang lebih rendah sampai AR(1) juga akan diperoleh semua koefisien signifikan. Kita juga akan coba model GARCH(1,1). Berikut luaran model:

```
> summary(garch11.NASDAQ)
```

Title:

GARCH Modelling

Call:

garchFit(formula = ~garch(1, 1), data = rtrn.NASDAQ.Open)

Mean and Variance Equation:

data ~ garch(1, 1)

<environment: 0x0bf908ac>

[data = rtrn.NASDAQ.Open]

Conditional Distribution:

norm

Coefficient(s):

mu	omega	alpha1	beta1
0.00064142	0.00000179	0.12158521	0.86955036

Std. Errors:

based on Hessian

Error Analysis:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
mu	6.414e-04	7.646e-05	8.389 <2e-16 ***
omega	1.790e-06	1.887e-07	9.486 <2e-16 ***
alpha1	1.216e-01	7.034e-03	17.285 <2e-16 ***
beta1	8.696e-01	6.994e-03	124.328 <2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log Likelihood:

36932.55 normalized: 3.234873

Description:

Thu May 19 23:22:25 2016 by user: wayan

Standardised Residuals Tests:

Statistic p-Value

Jarque-Bera Test	R	Chi^2	11441	0
Shapiro-Wilk Test	R	W	NA	NA
Ljung-Box Test	R	Q(10)	232.8105	0

```

Ljung-Box Test      R      Q(15) 250.2465 0
Ljung-Box Test      R      Q(20) 265.6991 0
Ljung-Box Test      R^2    Q(10) 15.02672 0.1310908
Ljung-Box Test      R^2    Q(15) 17.56842 0.286034
Ljung-Box Test      R^2    Q(20) 18.75014 0.5381162
LM Arch Test        R      TR^2   16.38459 0.174249

```

Information Criterion Statistics:

```

AIC      BIC      SIC      HQIC
-6.469046 -6.466473 -6.469046 -6.468181

```

Berikut ini adalah nilai AIC untuk model ARCH dan GARCH yang dicobakan. Berdasarkan

Tabel 13.1: Model ARCH dan GARCH yang dicobakan pada data NASDAQ

Model	AIC
ARCH(10)	-6,454788
ARCH(9)	-6,450359
ARCH(8)	-6,445348
ARCH(7)	-6,437935
ARCH(6)	-6,431201
ARCH(5)	-6,422426
ARCH(4)	-6,394003
ARCH(3)	-6,355158
ARCH(2)	-6,276990
ARCH(1)	-6,151260
GARCH(1,1)	-6,469046
GARCH(1,2)	-6,471520

Tabel 13.1 dapat dilihat nilai AIC minimum adalah pada model GARCH(1,1) dan GARCH(1,2). Pada kebanyakan kasus model GARCH(1,1) sangat baik dalam memodelkan. Kita juga bisa mencoba GARCH(2,1) tetapi koefisien α_2 tidak signifikan. Perlu dicatat juga bahwa semua model ARCH yang dicobakan semuanya signifikan, namun AIC terkecil terdapat pada GARCH(1,2). Kita akan modelkan volatilitas NASDAQ dengan GARCH(1,2). Selanjutnya, kita akan meramalkan volatilitas untuk 12 hari *trading* ke depan. Berikut luaran ramalan tersebut:

```

> predict(garch12.NASDAQ, 12)
meanForecast  meanError standardDeviation
1  0.0006691292 0.008392434      0.008392434
2  0.0006691292 0.008179061      0.008179061
3  0.0006691292 0.008366775      0.008366775
4  0.0006691292 0.008373890      0.008373890

```

5	0.0006691292	0.008459790	0.008459790
6	0.0006691292	0.008509320	0.008509320
7	0.0006691292	0.008573756	0.008573756
8	0.0006691292	0.008630326	0.008630326
9	0.0006691292	0.008689192	0.008689192
10	0.0006691292	0.008745861	0.008745861
11	0.0006691292	0.008802360	0.008802360
12	0.0006691292	0.008857814	0.008857814

13.2 Catatan

Kita telah memodelkan volatilitas deret waktu dengan GARCH. Dalam pemodelan ini kita belum melakukan pemeriksaan diagnostik lebih lanjut. Misalnya apakah plot QQ sudah mendukung model yang dicobakan, atau apakah distribusi inovasi perlu diganti, misalnya t atau distribusi lain. Kemudian, pengembangan GARCH belum dicoba seperti EGARCH, TGARCH, dan lain-lain. Namun, diharapkan ide tentang heteroskedastik dapat dipahami.

13.3 Pengayaan

Buku-buku seperti Cryer and Chan (2008), Shumway and Stoffer (2011), Brockwell and Davis (2016), Box et al. (2016), dan Tsay (2010) dapat digunakan untuk pengayaan lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel, and Greta M. Ljung. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, fifth edition, 2016.
- Peter J. Brockwell and Richard A. Davis. *Introduction to Time Series and Forecasting*. Springer, New York, third edition, 2016.
- Jonathan D Cryer and Kung-Sik Chan. *Time Series Analysis with Applications in R*. Springer, New York, second edition, 2008.
- Robert H. Shumway and David S. Stoffer. *Time Series Analysis and Its Applications with R Examples*. Springer, New York, 2011.
- Ruey S. Tsay. *Analysis of Financial Time Series*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, third edition edition, 2010.