

“Smooth Transition Autoregressive (STAR)”

Disusun Untuk Memenuhi Tugas Mata Kuliah Analisis Deret Waktu Non Linier



Oleh :

Rauzan Sumara	135090501111014
Fairuz Shofinda	135090501111049
Kadek Laras Citrayani	11509050

PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

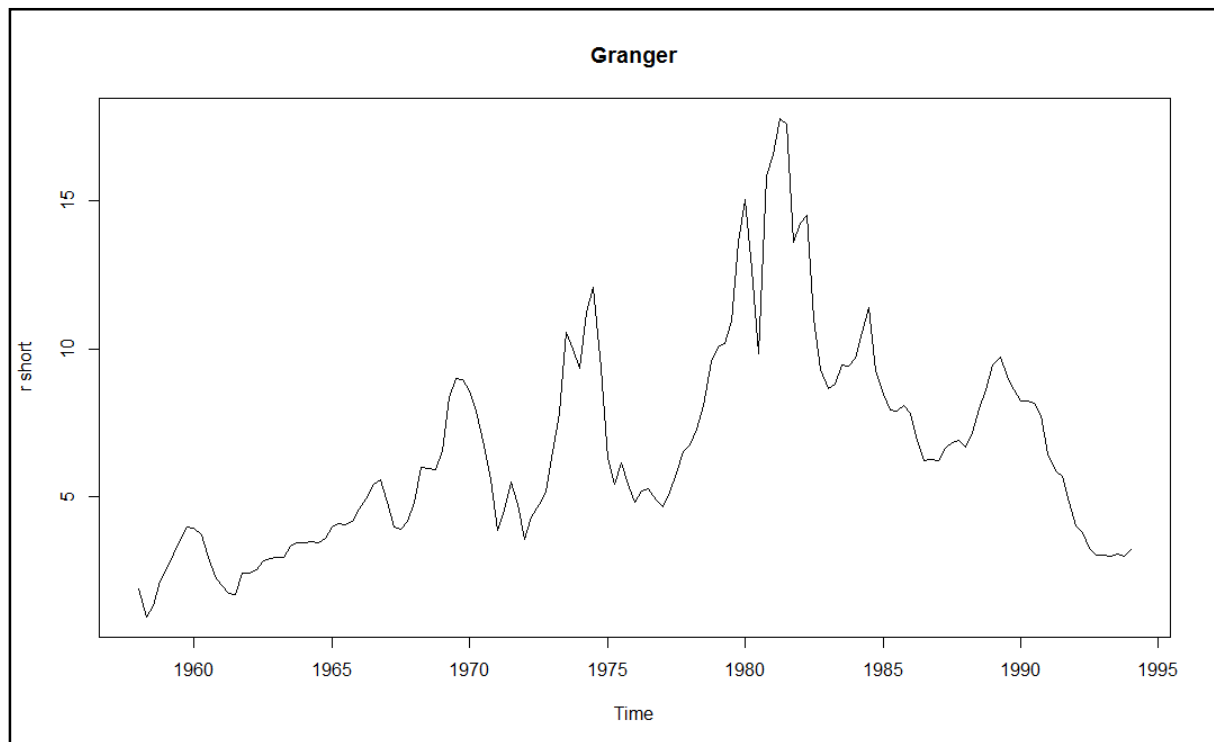
MALANG

Sumber Data

Berikut adalah data sekunder mengenai tingkat suku bunga kuartalan dari tahun 1958 sampai 1994, diambil dari <http://www.fbc.keio.ac.jp>. Data terlampir

Hasil dan Pembahasan

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan analisis pada data deret waktu yaitu membuat plot untuk mengetahui karakteristik dari data tersebut. Berikut adalah plot data deret waktu tingkat suku bunga kuartalan dari tahun 1958 sampai 1994.



Berdasarkan plot diatas diketahui bahwa data tingkat suku bunga mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu dan terlihat tidak stasioner baik terhadap ragam maupun rata-rata. Tingkat suku bunga terendah terjadi pada Q2 (kuartal kedua) tahun 1958, sedangkan tingkat suku bunga tertinggi terjadi pada Q2 (kuartal kedua) tahun 1981. Selanjutnya dilakukan pengujian stasioneritas terhadap rata-rata dengan menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* sebagai berikut:

```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: granger
Dickey-Fuller = -3, Lag order = 5, p-value = 0.2
alternative hypothesis: stationary
```

H_0 : Data tidak stasioner terhadap rata-rata , $\alpha = 5\%$

H_1 : Data stasioner terhadap rata-rata

Diperoleh $p\text{-value} = 0.2$

Keputusan : Terima H_0 , karena $p\text{-value} > \alpha$

Kesimpulan : Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa data tingkat suku bunga kuartalan dari tahun 1958 sampai 1994 tidak stasioner terhadap rata-rata, sehingga perlu dilakukan differensi.

Berikut hasil analisis uji *Augmented Dickey-Fuller* dari data tingkat suku bunga yang telah didifferensi.

```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: dgranger
Dickey-Fuller = -5, Lag order = 5, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
warning message:
In adf.test(dgranger) : p-value smaller than printed p-value
```

H_0 : Data tidak stasioner terhadap rata-rata $\alpha = 5\%$

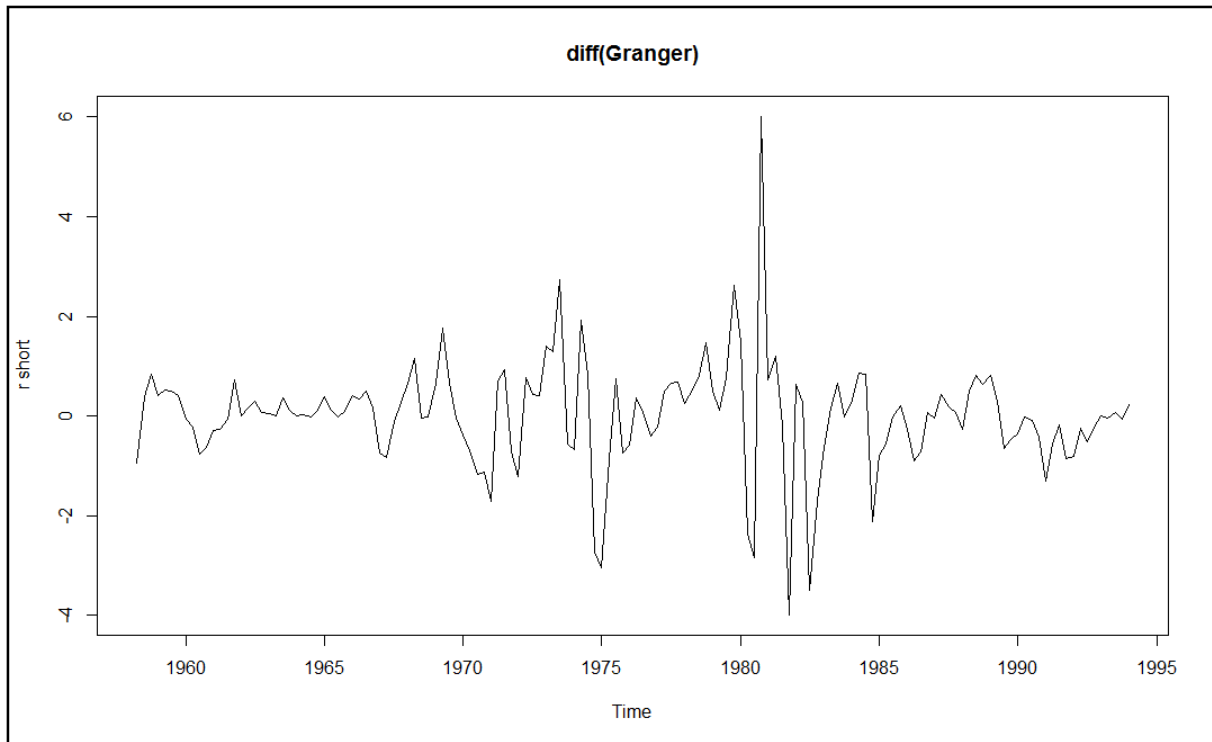
H_1 : Data stasioner terhadap rata-rata

Diperoleh $p\text{-value} < 0.01$

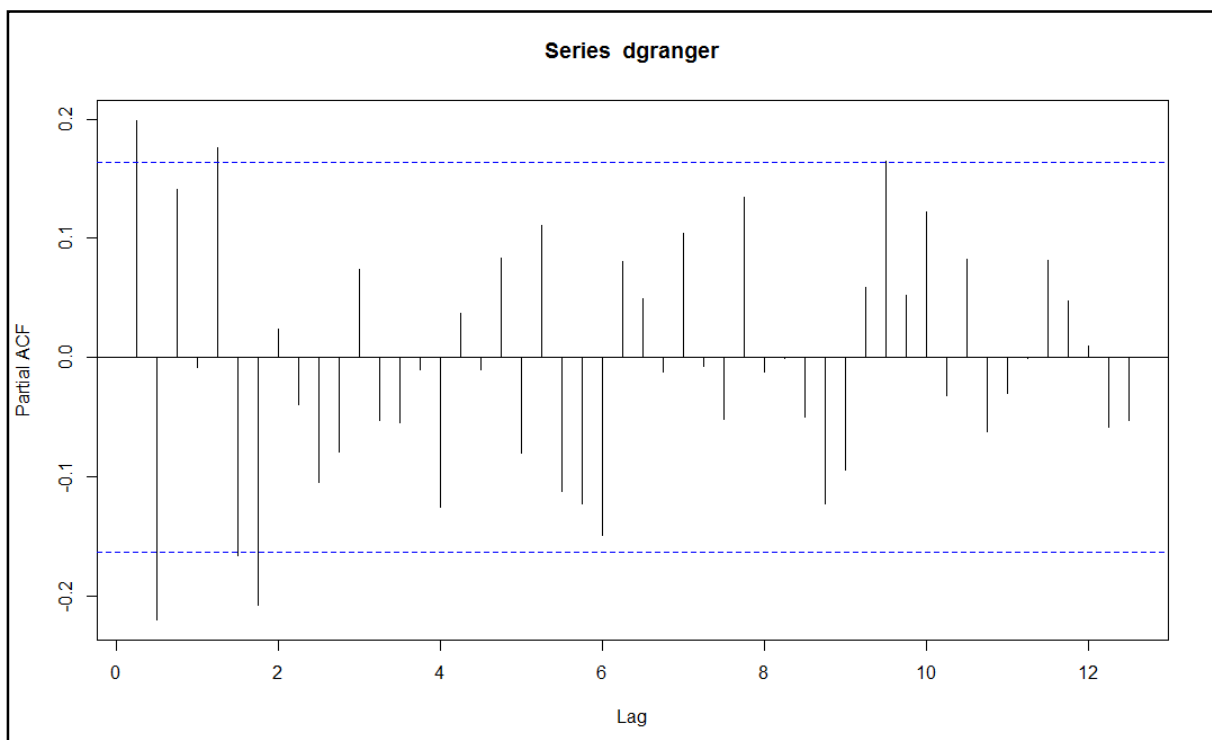
Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa data tingkat suku bunga kuartalan dari tahun 1958 sampai 1994 hasil differensi pertama sudah stasioner terhadap rata-rata.

Berikut plot data hasil differensi yang menunjukkan bahwa data memiliki pola horizontal, mengindikasikan bahwa data telah stasioner terhadap rata-rata:



Selanjutnya dilakukan tahapan identifikasi model AR yaitu dengan melihat plot PACF dari data yang telah stasioner, berikut plot PACF



Berdasarkan plot tersebut terlihat bahwa terdapat dua lag pertama yang signifikan, sehingga didapatkan orde untuk AR yaitu 2 dengan differensi sebanyak satu kali. Jadi, didapatkan model untuk data kuartalan tingkat suku bunga dari tahun 1958 sampai 1994 yaitu

ARIMA (2,1,0) atau ARI (2,1). Selanjutnya dilakukan tahapan pendugaan parameter yaitu sebagai berikut:

```
Call:
arima(x = granger, order = c(2, 1, 0))

Coefficients:
      ar1      ar2
    0.243  -0.219
s.e.  0.081   0.081

sigma^2 estimated as 1.1:  log likelihood = -211,  aic = 428

Training set error measures:
      ME RMSE  MAE  MPE MAPE  MASE  ACF1
Training set 0.00901 1.04 0.654 -0.754 10.3 0.934 0.0307
```

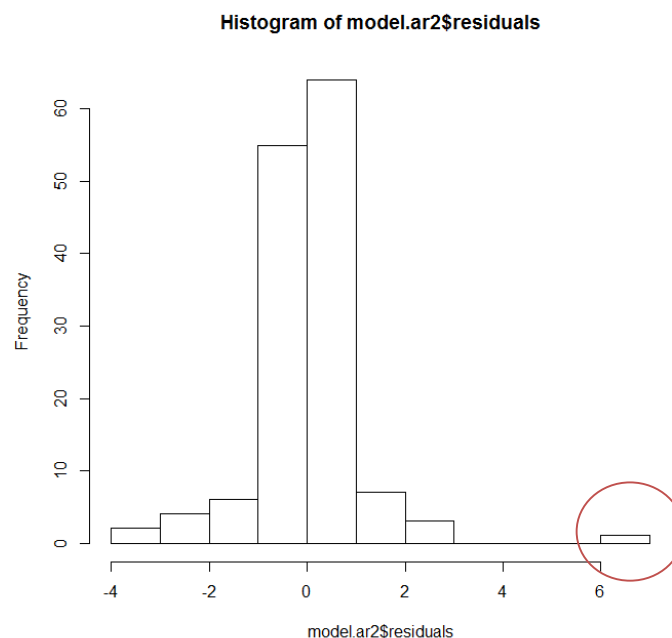
Model ARI (2,1) dapat ditulis sebagai berikut:

$$(1 - 0,243B + 0,219B^2)(1 - B)Z_t = a_t$$

$$(1 - 0,243B + 0,219B^2 - B + 0,243B^2 - 0,219B^3)Z_t = a_t$$

$$(1 - 1,243B + 0,462B^2 - 0,219B^3)Y_t = a_t$$

$$Y_t = 1,243Y_{t-1} - 0,462Y_{t-2} + 0,219Y_{t-3} + a_t$$



```
> jarque.bera.test(model.ar2$residuals)
```

Jarque Bera Test

```
data: model.ar2$residuals
X-squared = 500, df = 2, p-value <2e-16
```

H_0 : Sisaan menyebar secara normal

H_1 : Sisaan tidak menyebar secara normal

$\alpha = 5\%$

diperoleh $p\text{-value} = 0,000$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa sisaan dari model AR(2) tidak menyebar secara normal.

Untuk melakukan pemodelan STAR, terlebih dahulu ditentukan variabel transisi, secara linier didapatkan model AR(2) sehingga kemungkinan variabel transisi yang dihasilkan adalah Y_{t-1} dan Y_{t-2} . Selajutnya dilakukan pengujian linieritas dengan menggunakan *Lagrange Multiplier* (LM) untuk masing-masing variabel transisi. Untuk melakukan perhitungan LM diperlukan model regresi *unrestricted* dan *restricted* yang diestimasi menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS), dimana S_t merupakan variabel transisi.

Model *unrestricted* :

$$Y_t = \beta_{0,0} + \beta'_0 Y_t + \beta'_1 Y_t s_t + \beta'_2 Y_t s_t^2 + \beta'_3 Y_t s_t^3 + e_t$$

Model *restricted* :

$$Y_t = \beta_{0,0} + \beta'_0 Y_t + e_t$$

dengan hipotesis :

H_0 : Model linier

H_1 : Model nonlinier

$\alpha = 5\%$

$$F_{0.05(6,136)} = 3.91$$

- Model *unrestricted* untuk variabel transisi Y_{t-1}

Dependent Variable: RESID01				
Method: Least Squares				
Date: 06/01/16 Time: 19:25				
Sample (adjusted): 1958Q4 1994Q1				
Included observations: 142 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.026458	0.103115	-0.256592	0.7979
Y(-1)	0.420644	0.159090	2.644058	0.0092
Y(-2)	0.065336	0.101120	0.646127	0.5193
Y(-1)*Y(-1)	-0.019067	0.114633	-0.166328	0.8682
Y(-2)*Y(-1)	0.041567	0.116791	0.355912	0.7225
Y(-1)*Y(-1)^2	-0.043041	0.022695	-1.896490	0.0601
Y(-2)*Y(-1)^2	-0.095421	0.041063	-2.323754	0.0217
Y(-1)*Y(-1)^3	-0.000247	0.009231	-0.026719	0.9787
Y(-2)*Y(-1)^3	0.003938	0.016628	0.236834	0.8131
R-squared	0.157765	Mean dependent var	0.011589	
Adjusted R-squared	0.107104	S.D. dependent var	1.054052	
S.E. of regression	0.996007	Akaike info criterion	2.891158	
Sum squared resid	131.9400	Schwarz criterion	3.078499	
Log likelihood	-196.2722	Hannan-Quinn criter.	2.967286	
F-statistic	3.114144	Durbin-Watson stat	1.848158	
Prob(F-statistic)	0.002954			

Untuk model *unrestricted* didapatkan jumlah kuadrat sisaan sebesar 131.94

Dependent Variable: RESID01				
Method: Least Squares				
Date: 06/01/16 Time: 19:27				
Sample (adjusted): 1958Q4 1994Q1				
Included observations: 142 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.011591	0.089097	0.130098	0.8967
Y(-1)	-0.000128	0.082655	-0.001543	0.9988
Y(-2)	-5.38E-05	0.082439	-0.000653	0.9995
R-squared	0.000000	Mean dependent var	0.011589	
Adjusted R-squared	-0.014388	S.D. dependent var	1.054052	
S.E. of regression	1.061608	Akaike info criterion	2.978347	
Sum squared resid	156.6546	Schwarz criterion	3.040794	
Log likelihood	-208.4626	Hannan-Quinn criter.	3.003723	
F-statistic	1.67E-06	Durbin-Watson stat	1.938871	
Prob(F-statistic)	0.999998			

Sedangkan untuk model *restricted* didapatkan nilai jumlah kuadrat sisaan sebesar 156.6546. Diperoleh statistik uji F sebagai berikut :

$$F = \frac{(JKG_R - JKG_U)/(k_U - k_R)}{JKG_U/(n - k_U)} \sim F_{(k_U - k_R, n - k_U)}$$

$$F = \frac{(156,6546 - 131,94)/(9 - 3)}{131,94/(145 - 9)}$$

$$F = 4.2459 \sim F_{6,136}$$

➤ Model *unrestricted* untuk variabel transisi Y_{t-2}

Dependent Variable: RESID01 Method: Least Squares Date: 06/01/16 Time: 19:30 Sample (adjusted): 1958Q4 1994Q1 Included observations: 142 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.040275	0.094389	0.426691	0.6703
Y(-1)	0.228787	0.108417	2.110250	0.0367
Y(-2)	-0.321724	0.127419	-2.524937	0.0127
Y(-1)*Y(-2)	0.422435	0.121498	3.476890	0.0007
Y(-2)*Y(-2)	-0.146686	0.077548	-1.891547	0.0607
Y(-1)*Y(-2)^2	-0.134909	0.048164	-2.801016	0.0059
Y(-2)*Y(-2)^2	0.038052	0.016386	2.322168	0.0217
Y(-1)*Y(-2)^3	-0.075349	0.021634	-3.482958	0.0007
Y(-2)*Y(-2)^3	0.011126	0.004228	2.631394	0.0095
R-squared	0.216766	Mean dependent var		0.011589
Adjusted R-squared	0.169654	S.D. dependent var		1.054052
S.E. of regression	0.960487	Akaike info criterion		2.818531
Sum squared resid	122.6973	Schwarz criterion		3.005872
Log likelihood	-191.1157	Hannan-Quinn criter.		2.894659
F-statistic	4.601083	Durbin-Watson stat		1.852647
Prob(F-statistic)	0.000056			

Untuk model *unrestricted* didapatkan jumlah kuadrat sisaan sebesar 122,6973.

Dependent Variable: RESID01 Method: Least Squares Date: 06/01/16 Time: 19:27 Sample (adjusted): 1958Q4 1994Q1 Included observations: 142 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.011591	0.089097	0.130098	0.8967
Y(-1)	-0.000128	0.082655	-0.001543	0.9988
Y(-2)	-5.38E-05	0.082439	-0.000653	0.9995
R-squared	0.000000	Mean dependent var		0.011589
Adjusted R-squared	-0.014388	S.D. dependent var		1.054052
S.E. of regression	1.061608	Akaike info criterion		2.978347
Sum squared resid	156.6546	Schwarz criterion		3.040794
Log likelihood	-208.4626	Hannan-Quinn criter.		3.003723
F-statistic	1.67E-06	Durbin-Watson stat		1.938871
Prob(F-statistic)	0.999998			

Sedangkan untuk model *restricted* didapatkan nilai jumlah kuadrat sisaan sebesar 156,6546. Diperoleh statistik uji F sebagai berikut :

$$F = \frac{(JKG_R - JKG_U) / (k_U - k_R)}{JKG_U / (n - k_U)} \sim F_{(k_U - k_R, n - k_U)}$$

$$= \frac{(156,6546 - 122,6973) / (9 - 3)}{122,6973 / (145 - 9)}$$

$$F = 6.4579$$

Berdasarkan pengujian linieritas menggunakan *Lagrange Multiplier* (LM), didapatkan keputusan tolak H_0 , sehingga dapat disimpulkan bahwa model nonlinier. Diantara kedua variabel yang kemungkinan merupakan variabel transisi dengan pertimbangan nilai statistik uji F pada pengujian linieritas, maka Y_{t-2} ditentukan sebagai variabel transisi karena memiliki nilai statistik uji yang paling besar.

Variabel Transisi	F test
Y_{t-1}	4.2459
Y_{t-2}	6.3579

Setelah variabel transisi ditentukan yaitu Y_{t-2} , tahap selanjutnya yaitu pemilihan fungsi transisi dilakukan dengan menguji hipotesis nol dari model regresi :

$$Y_t = \beta_{0,0} + \beta'_0 Y_t + \beta'_1 Y_t s_t + \beta'_2 Y_t s_t^2 + \beta'_3 Y_t s_t^3 + e_t$$

Dengan hipotesis

H_0 : $\beta'_3 = 0$ (fungsi transisi eksponensial)

H_1 : $\beta'_3 \neq 0$ (fungsi transisi logistik)

$\alpha = 5\%$

Dependent Variable: RESID01				
Method: Least Squares				
Date: 06/01/16 Time: 19:30				
Sample (adjusted): 1958Q4 1994Q1				
Included observations: 142 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.040275	0.094389	0.426691	0.6703
Y(-1)	0.228787	0.108417	2.110250	0.0367
Y(-2)	-0.321724	0.127419	-2.524937	0.0127
Y(-1)*Y(-2)	0.422435	0.121498	3.476890	0.0007
Y(-2)*Y(-2)	-0.146686	0.077548	-1.891547	0.0607
Y(-1)*Y(-2)^2	-0.134909	0.048164	-2.801016	0.0059
Y(-2)*Y(-2)^2	0.038052	0.016386	2.322168	0.0217
Y(-1)*Y(-2)^3	-0.075349	0.021634	-3.482958	0.0007
Y(-2)*Y(-2)^3	0.011126	0.004228	2.631394	0.0095
R-squared	0.216766	Mean dependent var	0.011589	
Adjusted R-squared	0.169654	S.D. dependent var	1.054052	
S.E. of regression	0.960487	Akaike info criterion	2.818531	
Sum squared resid	122.6973	Schwarz criterion	3.005872	
Log likelihood	-191.1157	Hannan-Quinn criter.	2.894659	
F-statistic	4.601083	Durbin-Watson stat	1.852647	
Prob(F-statistic)	0.000056			

Berdasarkan pengujian secara parsial diketahui bahwa $\beta_{3,1}$ dan $\beta_{3,2}$ memiliki nilai signifikansi kurang dari α yaitu sebesar 0,0007 dan 0,0095. Sehingga didapatkan keputusan untuk menolak H_0 berarti fungsi transisi logistik, model yang terbentuk yaitu LSTAR. Hasil pengujian ini sejalan dengan uji F pada software jMulti, berikut hasil analisisnya

TESTING LINEARITY AGAINST STR					
variables in AR part: CONST r_short_d1(t-1) r_short_d1(t-2)					
param. not under test:					
sample range: [1958 Q4, 1994 Q1], T = 142					
p-values of F-tests (NaN - matrix inversion problem):					
transition variable	F	F4	F3	F2	suggested model
r_short_d1(t-2)*	1.0620e-05	1.4874e-03	7.5173e-03	6.3036e-03	LSTR1

Berdasarkan pengujian tersebut didapatkan nilai signifikansi dari uji F kurang dari α , sehingga memberikan kesimpulan yang sama bahwa model yang terbentuk adalah LSTAR (sesuai dengan hasil pada kolom *suggested model* dari output software jMulti). Sehingga dapat dibentuk model LSTAR :

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \theta(\beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2}) + \varepsilon_t$$

dengan $\theta = [1 + \exp(-\gamma(Y_{t-1} - c))]^{-1}$

Tahap selanjutnya yaitu pendugaan parameter untuk γ dan c , berikut hasil analisisnya

STR GRID SEARCH		
variables in AR part: CONST r_short_d1(t-1) r_short_d1(t-2)		
restriction theta=0:		
transition variable: r_short_d1(t-2)		
sample range: [1958 Q4, 1994 Q1], T = 142		
transition function: LSTR1		
grid c {-3.99, 6.01, 30}		
grid gamma { 0.50, 18.00, 30}		
SSR	gamma	c1
135.5856	18.0000	-2.2659

Didapatkan nilai untuk parameter $\gamma = 18$ dan $c = -2,2659$. Sehingga didapatkan

$$\theta = [1 + \exp(-18(Y_{t-1} + 2,2659))]^{-1}$$

Setelah itu dilakukan pendugaan parameter untuk mendapatkan α dan β , berikut hasil analisisnya :

STR ESTIMATION					
variables in AR part:	CONST r_short_dl(t-1) r_short_dl(t-2)				
restriction theta=0:					
restriction phi=0:					
restriction phi=-theta:					
transition variable:	r_short_dl(t-2)				
sample range:	[1958 Q4, 1994 Q1], T = 142				
transition function:	LSTR1				
number of iterations:	2				
variable	start	estimate	SD	t-stat	p-value
----- linear part -----					
CONST	8.34111	8.78153	2.4149	3.6364	0.0004
r_short_dl(t-1)	-0.06384	-0.06761	0.1325	-0.5102	0.6107
r_short_dl(t-2)	2.38249	2.51128	0.7702	3.2604	0.0014
----- nonlinear part -----					
CONST	-8.34528	-8.78826	2.4164	-3.6369	0.0004
r_short_dl(t-1)	0.50327	0.51900	0.1636	3.1726	0.0019
r_short_dl(t-2)	-2.63701	-2.76273	0.7763	-3.5587	0.0005
Gamma	18.00000	54.84201	77.1420	0.7109	0.4784
C1	-2.26586	-2.22630	0.1711	-13.0130	0.0000

Berdasarkan hasil diatas didapatkan model LSTAR :

$$Y_t = 8,341 - 0,064Y_{t-1} + 2,38249Y_{t-2} + \theta(-8,345 + 0,503Y_{t-1} - 2,637Y_{t-2}) + \varepsilon_t$$

dengan $\theta = [1 + \exp(-18(Y_{t-1} + 2,2659))]^{-1}$

Dari model tersebut didapatkan nilai AIC, SC, HQ, dll seperti dibawah ini

AIC:	3.0606e-02
SC:	1.9713e-01
HQ:	9.8275e-02
R2:	2.3815e-01
adjusted R2:	0.2435
variance of transition variable:	1.2248
SD of transition variable:	1.1067
variance of residuals:	0.9762
SD of residuals:	0.9880

Selanjutnya dilakukan tahapan diagnostik model meliputi uji normalitas, homokedastisitas, dan autokorelasi sisaan, berikut hasil analisisnya

```

ARCH-LM TEST with 8 lags:

test statistic:          40.2386
p-Value(Chi^2):         0.0000
F statistic:            7.1884
p-Value(F):             0.0000

*** Wed, 1 Jun 2016 21:29:02 ***
JARQUE-BERA TEST:

test statistic:          77.7988
p-Value(Chi^2):         0.0000
skewness:               -0.5371
kurtosis:               6.4634

```

- Hasil pengujian homoskedastisitas sisaan

H_0 : Tidak terdapat efek ARCH/GARCH

H_1 : Terdapat efek ARCH/GARCH

$\alpha = 5\%$

diperoleh $p\text{-value} = 0,000$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa tidak terpenuhinya asumsi homoskedastisitas pada sisaan atau dengan kata lain terdapat efek ARCH/GARCH pada sisaan.

- Hasil pengujian normalitas sisaan

H_0 : Sisaan menyebar secara normal

H_1 : Sisaan tidak menyebar secara normal

$\alpha = 5\%$

diperoleh $p\text{-value} = 0,000$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa sisaan dari model LSTAR tidak menyebar secara normal.

- Pengujian autokorelasi sisaan

lag	F-value	df1	df2	p-value
1	0.0850	1	132	0.7711
2	5.1612	2	130	0.0070
3	3.6850	3	128	0.0138
4	2.7489	4	126	0.0311
5	3.0580	5	124	0.0123
6	2.6431	6	122	0.0191
7	3.9791	7	120	0.0006
8	3.4474	8	118	0.0013
9	3.0250	9	116	0.0028
10	3.3655	10	114	0.0007

H_0 : sisaan white noise

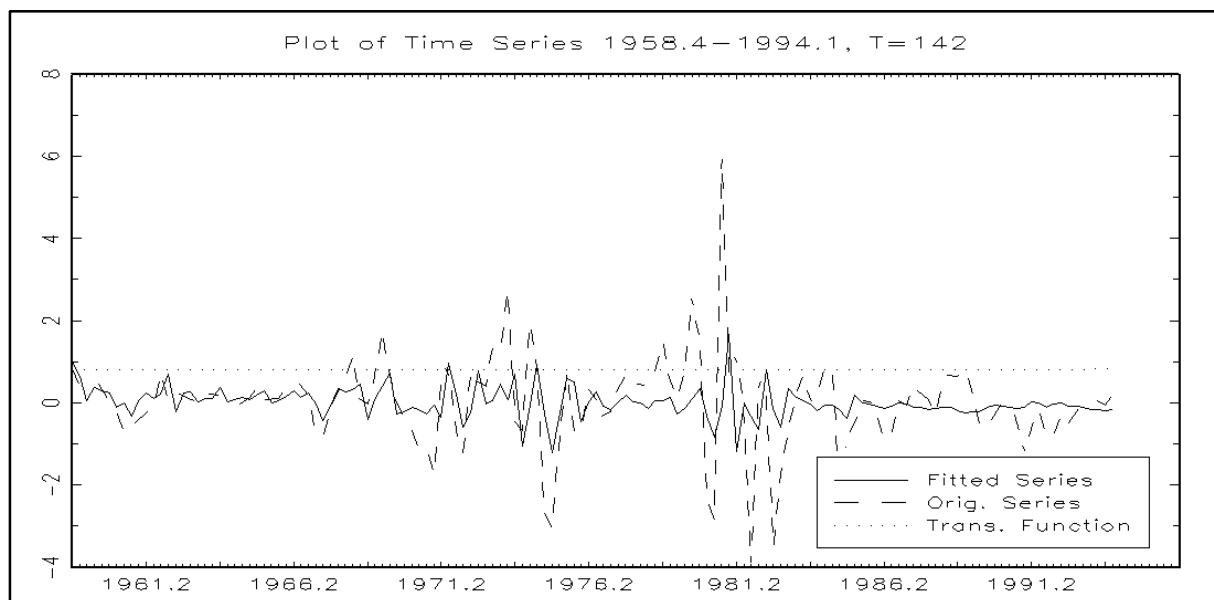
H_1 : sisaan tidak white noise

$\alpha = 5\%$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$ pada lag 2 sampai 10

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa sisaan model LSTAR tidak bersifat white noise.

Berikut adalah plot antara data aktual dengan fitted dari model LSTAR



Selanjutnya dicoba memodelkan ESTAR untuk perbandingan, berikut hasil analisis pendugaan parameter ESTAR:

STR GRID SEARCH			
variables in AR part:	CONST r_short_dl(t-1) r_short_dl(t-2)		
restriction theta=0:			
transition variable:	r_short_dl(t-2)		
sample range:	[1958 Q4, 1994 Q1], T = 142		
transition function:	LSTR2		
grid c	{-3.99, 6.01, 30}		
grid gamma	{ 0.50, 18.00, 30}		
SSR	gamma	c1	c2
122.3106	9.7039	-2.6107	-1.5762

Didapatkan nilai untuk parameter $\gamma = 9,7039$ dan $c_1 = -2,6107$ dan $c_2 = -1.5762$.
 Sehingga didapatkan $c = (c_1 + c_2)/2$:

$$\theta = 1 + \exp(-9,7039(Y_{t-1} + 2,0934)^2)$$

Setelah itu dilakukan pendugaan parameter untuk mendapatkan α dan β , berikut hasil analisisnya

STR ESTIMATION					
variables in AR part:	CONST r_short_dl(t-1) r_short_dl(t-2)				
restriction theta=0:					
restriction phi=0:					
restriction phi=-theta:					
transition variable:	r_short_dl(t-2)				
sample range:	[1958 Q4, 1994 Q1], T = 142				
transition function:	LSTR2				
number of iterations:	2				
variable	start	estimate	SD	t-stat	p-value
----- linear part -----					
CONST	9.21217	43.18350	15.9733	2.7035	0.0078
r_short_dl(t-1)	-3.02499	-7.92874	0.0000	-0.0000	0.3891
r_short_dl(t-2)	5.12446	23.85362	0.0000	0.0000	0.0031
----- nonlinear part -----					
CONST	-9.24272	-43.20301	15.9630	-2.7064	0.0077
r_short_dl(t-1)	3.47219	8.38012	0.0000	0.0000	0.3631
r_short_dl(t-2)	-5.31600	-24.06754	0.0000	-0.0000	0.0028
Gamma	9.70386	15.45614	0.0000	0.0000	0.1397
C1	-2.61069	-2.52699	0.0000	-0.0000	0.0000
C2	-1.57621	-2.01780	0.0000	-0.0000	0.0000

Berdasarkan hasil diatas didapatkan model ESTAR

$$Y_t = 9,212 - 3,025Y_{t-1} + 5,124Y_{t-2} + \theta(-9,243 + 3,472Y_{t-1} - 5,3167Y_{t-2}) + \varepsilon_t$$

dengan $\theta = 1 + \exp(-9,7039(Y_{t-1} + 2,0934)^2)$

Dari model tersebut didapatkan nilai AIC, SC, HQ, dll seperti dibawah ini:

AIC:	-1.1915e-01
SC:	6.8195e-02
HQ:	-4.3019e-02
R2:	3.5328e-01
adjusted R2:	0.3578
variance of transition variable:	1.2248
SD of transition variable:	1.1067
variance of residuals:	0.8349
SD of residuals:	0.9137

Selanjutnya dilakukan tahapan diagnostik model meliputi uji normalitas, homokedastisitas, dan autokorelasi sisaan, berikut hasil analisisnya

ARCH-LM TEST with 8 lags:	
test statistic:	28.7836
p-Value(Chi^2):	0.0003
F statistic:	4.5822
p-Value(F):	0.0001
*** Wed, 1 Jun 2016 21:25:56 ***	
JARQUE-BERA TEST:	
test statistic:	119.1572
p-Value(Chi^2):	0.0000
skewness:	-0.7942
kurtosis:	7.1972

- Hasil pengujian homoskedastisitas sisaan

H_0 : Tidak terdapat efek ARCH/GARCH

H_1 : Terdapat efek ARCH/GARCH

$\alpha = 5\%$

diperoleh $p\text{-value} = 0,0001$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa tidak terpenuhinya asumsi homoskedastisitas pada sisaan atau terdapat efek ARCH/GARCH pada sisaan.

- Hasil pengujian normalitas sisaan

H_0 : Sisaan menyebar secara normal

H_1 : Sisaan tidak menyebar secara normal

$\alpha = 5\%$

diperoleh $p\text{-value} = 0,000$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa sisaan dari model ESTAR tidak menyebar secara normal.

- Pengujian autokorelasi sisaan

Test of No Error Autocorrelation (NaN - matrix inversion problem):				
lag	F-value	df1	df2	p-value
1	11.8740	1	131	0.0008
2	11.8319	2	129	0.0000
3	8.5446	3	127	0.0000
4	6.6210	4	125	0.0001
5	5.7733	5	123	0.0001
6	4.9655	6	121	0.0001
7	5.4166	7	119	0.0000
8	4.6965	8	117	0.0001
9	4.1072	9	115	0.0001
10	4.1201	10	113	0.0001

H_0 : sisaan bersifat white noise

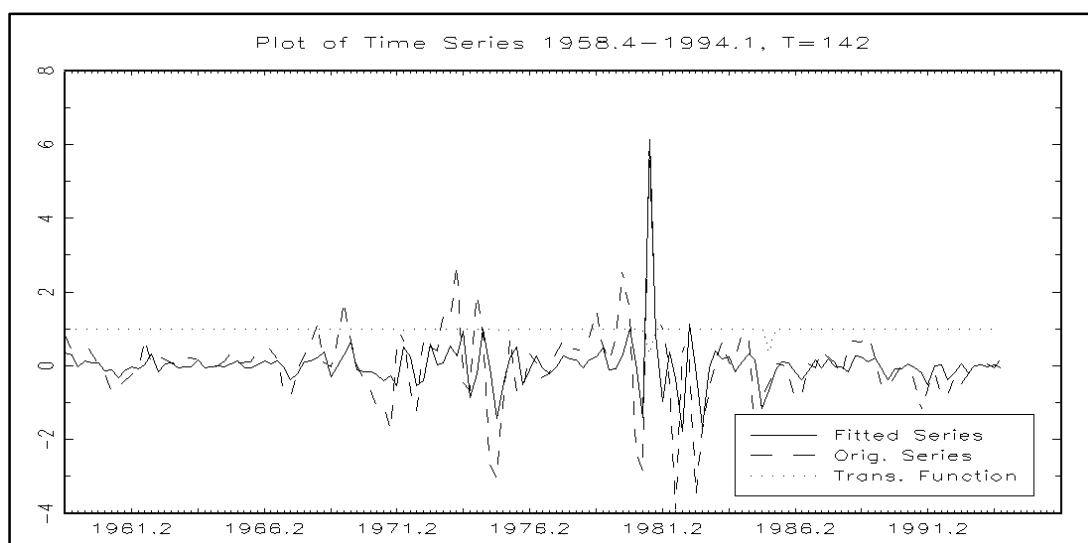
H_1 : sisaan tidak bersifat white noise

$\alpha = 5\%$

Keputusan = Tolak H_0 , karena $p\text{-value} < \alpha$ pada lag 2 sampai 10

Kesimpulan = Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa terdapat sisaan model ESTAR tidak white noise.

Berikut adalah plot dari data sebenarnya dengan model ESTAR



Berikut adalah perbandingan nilai AIC beberapa model dalam memodelkan data tingkat suku bunga kuartalan dari tahun 1958 sampai 1994.

Model	AIC
AR	423
TAR	7,66
LSTAR	0,030606
ESTAR	-0,119150

Berdasarkan perbandingan keempat model, data tingkat suku bunga kuartalan dari tahun 1958 sampai 1994 paling baik dimodelkan dengan LSTAR karena memiliki nilai AIC paling kecil. Karena terdapat efek ARCH/GARCH maka kemungkinan model yang dapat dibentuk yaitu LSTAR-GARCH ataupun ESTAR-GARCH .

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data tingkat suku bunga periode Januari 1958 sampai Januari 1970

Date	Interest rate	Date	Interest rate	Date	Interest rate
Q1 1958	1,88	Q2 1970	7,88	Q3 1982	11,01
Q2 1958	0,94	Q3 1970	6,7	Q4 1982	9,29
Q3 1958	1,32	Q4 1970	5,57	Q1 1983	8,65
Q4 1958	2,16	Q1 1971	3,86	Q2 1983	8,8
Q1 1959	2,56	Q2 1971	4,56	Q3 1983	9,46
Q2 1959	3,08	Q3 1971	5,48	Q4 1983	9,43
Q3 1959	3,57	Q4 1971	4,75	Q1 1984	9,69
Q4 1959	3,99	Q1 1972	3,54	Q2 1984	10,56
Q1 1960	3,93	Q2 1972	4,3	Q3 1984	11,39
Q2 1960	3,7	Q3 1972	4,74	Q4 1984	9,27
Q3 1960	2,94	Q4 1972	5,14	Q1 1985	8,48
Q4 1960	2,3	Q1 1973	6,54	Q2 1985	7,92
Q1 1961	2	Q2 1973	7,82	Q3 1985	7,9
Q2 1961	1,74	Q3 1973	10,56	Q4 1985	8,1
Q3 1961	1,68	Q4 1973	10	Q1 1986	7,83
Q4 1961	2,4	Q1 1974	9,32	Q2 1986	6,92
Q1 1962	2,4	Q2 1974	11,25	Q3 1986	6,21
Q2 1962	2,55	Q3 1974	12,09	Q4 1986	6,27
Q3 1962	2,85	Q4 1974	9,35	Q1 1987	6,22
Q4 1962	2,92	Q1 1975	6,3	Q2 1987	6,65
Q1 1963	2,96	Q2 1975	5,42	Q3 1987	6,84
Q2 1963	2,96	Q3 1975	6,16	Q4 1987	6,92
Q3 1963	3,33	Q4 1975	5,41	Q1 1988	6,66
Q4 1963	3,45	Q1 1976	4,83	Q2 1988	7,16
Q1 1964	3,46	Q2 1976	5,2	Q3 1988	7,98
Q2 1964	3,49	Q3 1976	5,28	Q4 1988	8,62
Q3 1964	3,46	Q4 1976	4,88	Q1 1989	9,44
Q4 1964	3,58	Q1 1977	4,66	Q2 1989	9,73
Q1 1965	3,97	Q2 1977	5,16	Q3 1989	9,08
Q2 1965	4,08	Q3 1977	5,82	Q4 1989	8,61
Q3 1965	4,07	Q4 1977	6,51	Q1 1990	8,25
Q4 1965	4,17	Q1 1978	6,76	Q2 1990	8,24
Q1 1966	4,57	Q2 1978	7,28	Q3 1990	8,16
Q2 1966	4,91	Q3 1978	8,1	Q4 1990	7,74
Q3 1966	5,41	Q4 1978	9,58	Q1 1991	6,43
Q4 1966	5,57	Q1 1979	10,07	Q2 1991	5,86
Q1 1967	4,82	Q2 1979	10,18	Q3 1991	5,68

Lampiran 1. (Lanjutan)

Date	Interest rate
Q2 1967	3,99
Q3 1967	3,89
Q4 1967	4,17
Q1 1968	4,82
Q2 1968	5,98
Q3 1968	5,94
Q4 1968	5,92
Q1 1969	6,57
Q2 1969	8,33
Q3 1969	8,98
Q4 1969	8,94
Q1 1970	8,57

Date	Interest rate
Q3 1979	10,95
Q4 1979	13,58
Q1 1980	15,05
Q2 1980	12,69
Q3 1980	9,84
Q4 1980	15,85
Q1 1981	16,57
Q2 1981	17,78
Q3 1981	17,58
Q4 1981	13,59
Q1 1982	14,23
Q2 1982	14,51

Date	Interest rate
Q4 1991	4,82
Q1 1992	4,02
Q2 1992	3,77
Q3 1992	3,26
Q4 1992	3,04
Q1 1993	3,04
Q2 1993	3
Q3 1993	3,06
Q4 1993	2,99
Q1 1994	3,21