

## PERILAKU SIKLUS BISNIS DALAM TINJAUAN FRAKTAL

Muhammad Fajar<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Badan Pusat Statistik, mfajar@bps.go.id

### Abstrak

Tujuan paper ini adalah untuk menyelidiki perilaku siklus bisnis dengan pendekatan fraktal. Data yang digunakan digunakan dalam penelitian adalah PDB riil dari 1983 – 2017 per kuartal yang bersumber dari Badan Pusat Statistik. Metode yang digunakan untuk mengekstraksi siklus adalah filter Hodrick-Prescott dengan penentuan smoothing parameter optimal, kemudian dimensi fraktal untuk menyelidiki perilaku siklus bisnis. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah diperoleh dimensi fraktal siklus sebesar 1.548, artinya bahwa siklus bisnis tidak murni berperilaku *white noise* sehingga fitting model dapat diterapkan guna menggali informasi. Namun, dalam proses fitting model tersebut akan mengalami kendala karena keberadaan efek shock krisis yang kuat.

**Kata Kunci.** Siklus Bisnis, Fraktal, Shock

### Abstract

*The purpose of this paper is to investigate the behavior of the business cycle with a fractal approach. The data used in the study is real GDP from 1983 - 2017 per quarter sourced from Statistics Indonesia. The method used to extract the cycle is a Hodrick-Prescott filter with the determination of optimal smoothing parameters, then fractal dimensions to investigate the behavior of the business cycle. The results obtained from this research are that the fractal dimensions of the cycle are 1.548, meaning that the business cycle is not purely white noise so that the fitting model can be applied to extract information. The model will experience problems due to a strong crisis shock effect in the fitting.*

**Keywords.** Business Cycle, Fractal, Shock

### 1. Pendahuluan

Fraktal adalah bentuk geometris yang memiliki pola teratur maupun tidak teratur, dimana satu bagian kecil dari keseluruhan bentuk geometris itu sama dengan bentuk dari sebagian kecil yang lain atau bentuk yang lebih besar atau bahkan bentuk keseluruhan yang direduksi atau diperkecil hingga seukuran dengan satu bagian tertentu tersebut (Mandelbrot dan Van Ness, 1968;

Mandelbrot, 1971; Mandelbrot 1982). Sifat fraktal yang memiliki bentuk berulang dengan bentuk pola internal yang sama pada semua skala ini disebut *self similarity* (kemiripan dengan dirinya sendiri).

Sifat *self similarity* yang dimiliki fraktal ini, kemudian diterapkan pada *time series* untuk mengamati perilaku pasar keuangan (Peters, 1994), nilai tukar (Batten dan Ellis, 1996; Richards, 2000), dan peramalan (Tokunaga et al., 1999). Menurut penulis, penyelidikan perilaku fraktal dapat digunakan sebagai analisis pendahuluan sebelum melakukan peramalan dengan pertimbangan: (1) perilaku fraktal dapat dilihat dari dimensi fraktal, (2) *time series* berperilaku *white noise* atau tidak dapat dilihat dari besaran dimensi fraktal pada *time series* yang diteliti, dan (3) ketika *time series* berasal dari proses *white noise*, maka pemodelan untuk peramalan sangat bias dan tidak diperoleh informasi yang berguna.

Sifat *self similarity* dalam fraktal inilah dapat diaplikasikan pada siklus bisnis sebagai penyelidikan awal sebelum pemodelan untuk peramalan siklus bisnis dalam penelitian ini. Siklus bisnis adalah fluktuasi yang melanda perekonomian, dimana terdapat empat tahap dalam pergerakannya, yaitu titik terbawah (*trough*), ekspansi, puncak (*peak*), dan resesi. Siklus bisnis tidak dapat diamati secara langsung (Zarnowitz, 1992), melainkan diekstraksi dari data ekonomi deret waktu (Jacobs, 1988). Stock dan Watson (1998) menyatakan bahwa komponen siklus dari Produk Domestik Bruto (PDB) riil adalah *useful proxy* untuk siklus bisnis dan sebagai *benchmark* untuk perbandingan silang data lainnya. Untuk mengekstraksi siklus bisnis, penulis menggunakan filter Hodrick-Prescott (HP) berdasarkan pada Hodrick dan Prescott (1997), dan Phillips dan Jin (2015).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penulis menyelidiki siklus bisnis perekonomian Indonesia dalam tinjauan fraktal dengan melihat besaran dimensi fraktalnya, sehingga dapat diketahui apakah siklus bisnis berasal dari proses *white noise* atau tidak, sehingga diperoleh informasi awal yang berguna apakah pemodelan untuk peramalan dapat dilakukan atau tidak.

## 2. Metode

### 2.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah PDB riil triwulanan (atas harga konstan tahun 2000, penulis melakukan rebasing (penentuan tahun dasar tertentu) dengan harga pada tahun 2000 sebagai tahun dasar karena pada data PDB dari tahun 1983 – 2017 menggunakan tahun dasar 1993, 2000, dan 2014. Data PDB bersumber dari Badan Pusat Statistik. PDB pada dasarnya merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu negara tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi. PDB atas dasar harga berlaku menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada setiap tahun, sedangkan PDB atas dasar harga konstan menunjukkan nilai tambah barang dan jasa tersebut yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu tahun tertentu sebagai dasar.

### 2.2 Metode Analisis

#### 2.2.1 Pemeriksaan Musiman

Melakukan pemeriksaan apakah ada atau tidaknya efek musiman pada data dengan menggunakan tabel Buys Ballot (Wei, 2006), yaitu:

- a. Bentuklah tabel berikut:

**Tabel 1.** *Time series* Menurut Tahun (Sebagai Baris) dan Kuartal (Sebagai Kolom)

PDB Riil	Kuartal				Jumlah Baris	Rata-rata Baris
	1	2	3	4		
1983						
⋮						
2017						
Jumlah Kolom						
Rata-rata Kolom						<i>Grand Average</i>

b. Kemudian hitunglah:

**Tabel 2.** Rasio Rata-rata Kolom dan Selisih Rata-rata Kolom terhadap Grand Average Berdasarkan Tabel 1

	Kuartal 1	Kuartal 2	Kuartal 3	Kuartal 4
rasio rata-rata kolom terhadap <i>grand average</i>				
selisih rata-rata kolom terhadap <i>grand average</i>				

- c. Untuk aditif, jika selisih rata-rata kolom terhadap *grand average* sama dengan nol, maka pada triwulan tersebut tidak ada efek musiman. Untuk multiplikatif, jika rasio rata-rata kolom terhadap *grand average* sama dengan satu, maka pada triwulan tersebut tidak ada efek musiman.
- d. Dalam menentukan aditif atau multiplikatif dalam PDB riil, penulis mendasarkan pada penelitian Fajar et al. (2017) bahwa musiman pada PDB riil bersifat aditif. Kemudian PDB riil seasonal adjustment diperoleh dari PDB riil dikurangi faktor musiman.

### 2.2.2 Filter Hodrick Prescott (HP)

Misalkan *time series* dalam hal ini adalah logaritma natural dari PDB riil *seasonal adjustment* ( $y_t$ ),  $t = 1, 2, \dots, T$ , diasumsikan  $y_t$  tersusun atas *trend* ( $\tau_t$ ), dan komponen siklus ( $x_t$ ):

$$y_t = \tau_t + x_t, \quad (1)$$

estimasi *trend* ( $\tau_t$ ) pada Persamaan (1) sebagai solusi dari:

$$\min_{\tau} \left( \sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} ((\tau_{t+1} - \tau_t) - (\tau_t - \tau_{t-1}))^2 \right), \quad (2)$$

dengan:  $\lambda$  adalah *smoothing parameter*. Jika  $\lambda = 0$ , maka  $\tau_t = y_t$ . Jika  $\lambda \rightarrow \infty$ , maka  $\tau_t$  adalah *trend* linier yang ditentukan dengan OLS terhadap  $y_t$ . Lakukan prosedur yang disarankan Choudry, et al (2013) untuk mencari nilai  $\lambda$  yang optimal pada filter HP, sebagai berikut:

1. Hitung:

$$\tau_t(\lambda) = [\mathbf{I} + \lambda \mathbf{K}'\mathbf{K}]^{-1} y_t, \quad (3)$$

dengan:

$\tau_t(\lambda)$  adalah  $\tau_t$  pada nilai  $\lambda$  tertentu

$\mathbf{I}$  adalah matriks identitas berukuran  $T \times T$

$\mathbf{K}$  adalah matriks berukuran  $(T - 2) \times T$ , yang memiliki elemen  $k_{ij}$

$$k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } j = i \text{ atau } j = i + 2 \\ -2, & \text{jika } j = i + 1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

2. Hitunglah:

*Generalized Cross Validation(GCV( $\lambda$ ))*

$$= \left( \frac{1}{T} + \frac{2}{\lambda} \right) \sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t(\lambda))^2 \quad (4)$$

3. Ajukan berbagai nilai  $\lambda$ , kemudian pilihlah  $\lambda$  dimana filter HP memiliki nilai GCV minimum, lalu gunakan nilai  $\lambda$  pada filter HP.

### 2.2.3 Dimensi Fraktal

Hall dan Wood (1993) mengemukakan perumusan estimasi dimensi fraktal dengan menggunakan skala terkecil dibandingkan estimator box counting.

Berikut estimator Hall-Wood untuk dimensi fraktal:

$$\hat{D}_{HW} = 2 - \left( \left( \sum_{l=1}^L (s_l - \bar{s}) \log \left( \hat{A} \left( \frac{t}{T} \right) \right) \right) \left( \sum_{l=1}^L (s_l - \bar{s})^2 \right)^{-1} \right), \quad (5)$$

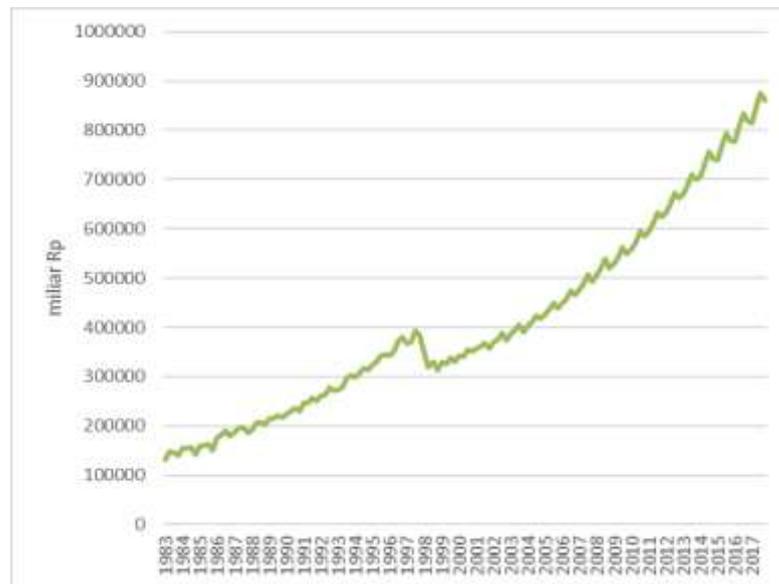
dengan:  $L \geq 2$ ,  $s_l = \log \left( \frac{t}{T} \right)$ ,  $\bar{s} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L s_l$ ,

$$\hat{A} \left( \frac{t}{T} \right) = \frac{t}{T} \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{T}{t} \rfloor} \left| x_{it} - x_{i-1} \right|, \quad \lfloor T/t \rfloor \text{ adalah bagian integer dari } T/t.$$

Penulis menggunakan  $L = 2$  berdasarkan rekomendasi oleh Hall dan Wood (1993). Chatterjee dan Yilmaz (1992) mengemukakan bahwa: (1) *time series* yang nilai dimensi fraktalnya mendekati 1 memiliki tingkat kerandaman yang sangat sedikit didalamnya, hampir sebagian besar deterministik, (2) Jika *time series* yang mengandung *white noise* berdimensi fraktal mendekati 2, maka tidak ada informasi yang dapat diperoleh dengan mem-*fitting* model ke data tersebut, (3) jika series data yang nilai dimensi fraktalnya lebih besar dari 1 dan kurang dari 2, maka mem-*fitting* model merupakan cara yang sesuai untuk data tersebut guna menggali informasi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Seasonal adjustment diperlukan sebagai syarat untuk proses filter Hodrick-Prescot. Sebelum itu, data *time series* harus diperiksa apakah mengandung komponen musiman yang signifikan atau tidak. Berdasarkan Gambar 1, diperoleh informasi bahwa PDB riil mengandung unsur *trend* yang kuat dan terlihat pola musiman walau efeknya kecil. Untuk lebih mengetahui ada atau tidaknya pola musiman, peneliti menggunakan tabel Buys Ballot (lihat Tabel 1). Untuk aditif, jika selisih rata-rata kolom terhadap grand average sama dengan nol, maka pada triwulan tersebut tidak ada efek musiman. Untuk multiplikatif, jika rasio rata-rata kolom terhadap grand average sama dengan satu, maka pada triwulan tersebut tidak ada efek musiman.



**Gambar 1.** Perkembangan PDB Riil (atas dasar harga konstan 2000) Indonesia (dalam milyar Rupiah) 1983 Q (Quarter) 1 - 2016 Q2

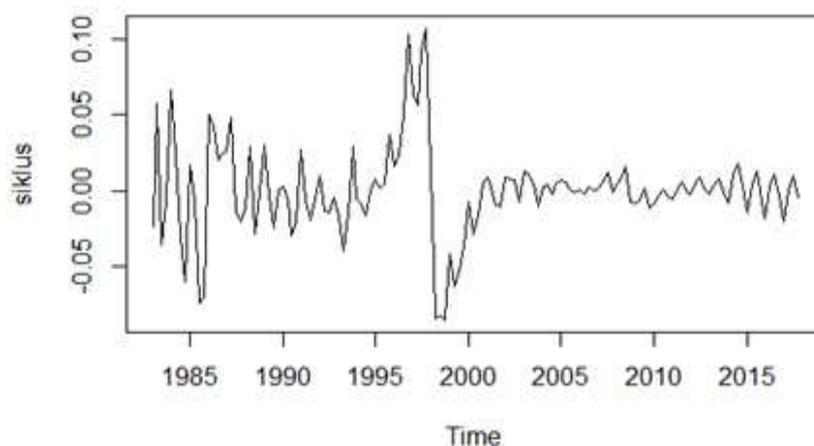
Tabel 3 memberikan informasi bahwa ada efek musiman pada data PDB riil, sehingga untuk keperluan proses filter Hodrick-Prescot, unsur musiman pada data PDB riil tersebut harus dihilangkan. Oleh karena itu, untuk menghilangkan efek musiman dari PDB riil menggunakan sifat aditif, secara visual gambar 3.1 menunjukkan tidak terlihat lagi fluktuatif musiman dalam pergerakan PDB riil. Kemudian data PDB riil yang telah dihilangkan efek musiman secara aditif dilogartimakan, dan selanjutnya digunakan untuk analisis lebih lanjut. Dengan menggunakan formulasi Choudry, et al (2013) diperoleh nilai GCV minimum sebesar  $1.119 \times 10^{-3}$  pada  $\lambda = 1058.735$ ,

sehingga diperoleh komponen siklus dari filter Hodrick-Prescot yang optimal dan divisualkan pada Gambar 2.

**Tabel 3.** Hasil Pengolahan Metode Buys Balot Untuk PDB Riil

	Kuartal 1	Kuarta 12	Kuartal 3	Kuarta 14
rasio rata-rata kolom terhadap <i>grand average</i>	0.972	0.994	1.028	1.006
Selisih rata-rata kolom terhadap <i>grand average</i>	- 11466.8 65	- 2395.28 0	11431.7 55	2430.39 0

Plot siklus yang terjadi selama periode 1983 – 2017 tidak smooth (lihat gambar 3.2), hal tersebut dijelaskan karena perumusan filter HP yang mengasumsikan bahwa data *time series* tersusun dari *trend* dan siklus, dimana siklus didalamnya mengandung komponen *irregular (noise)*. Pada plot siklus, periode tahun 1997 – 1999 tercermin peristiwa resesi akibat krisis yang membuat jurang dalam pada plot, artinya resesi tersebut memiliki kekuatan yang besar dan menonjol dibandingkan resesi lainnya dalam periode observasi. Pada plot siklus tidak ada pola yang periodik yang secara eksplisit nampak, maksudnya tidak terjadi pola yang reguler (teratur) dalam interval waktu yang konstan, sehingga dapat diindikasikan bahwa siklus hasil ekstraksi filter HP bukanlah *pure component periodic* atau *quasi-periodic*.



**Gambar 2.** Siklus Bisnis yang diekstraksi dari PDB riil dengan menggunakan Filter Hodrick Prescott

Berdasarkan Persamaan (5) diperoleh estimasi dimensi fraktal dari siklus bisnis adalah 1.548. Nilai dimensi fraktal berada pada interval (1,2), sehingga ini berarti bahwa siklus bisnis tidak berperilaku *white noise*. Dalam lingkup *time series discrete*, *white noise* merupakan suatu variabel random yang tidak berkorelasi serial dengan mean sebesar nol dan memiliki variansi yang konstan dan *finite*, implikasinya pemodelan pada data *white noise* tidak menghasilkan nilai tambah informasi dalam mengamati suatu fenomena.

Implikasinya, analisis lanjutan dalam investigasi siklus bisnis dalam perekonomian Indonesia dapat diterapkan melalui *fitting* model guna menggali informasi terkandung didalamnya, seperti signifikansi parameter model, durasi, dan probabilitas rezim dalam siklus. Namun, dalam proses *fitting* model tersebut akan mengalami kendala karena keberadaan efek shock yang kuat pada kiris ekonomi pada periode 1997 – 1999. Oleh karena itu, perlu melakukan pemodelan yang mengakomodir shock, seperti threshold model, switching regime model, dan state space model

#### 4. Simpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dapat diperoleh dimensi fraktal siklus bisnis yang diekstraksi dari PDB riil adalah 1.548, artinya bahwa siklus bisnis tidak berperilaku *white noise* sehingga *fitting* model dapat diterapkan guna menggali informasi. Namun, dalam proses *fitting* model tersebut akan mengalami kendala karena keberadaan efek shock krisis yang kuat.

#### Daftar Pustaka

- Batten, J. & Ellis, C. (1996). *Fractal structures and naive trading systems: Evidence from the spot US dollar/Japanese yen*. *Japan and the World Economy*, 8(4), pp: 411-421.
- Chatterjee, S. & Yilmaz, M. (1992). *Use of estimated fractal dimension in model identification for time series*. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 41:3-4, 129-141. DOI: 10.1080/00949659208811397
- Choudhary, A., Hanif, N. & Iqbal, J. (2013). *On Smoothing Macroeconomic Time series Using HP and Modified HP Filter*. MPRA Paper No. 45630.
- Fajar, M., Darwis, S. and Gumgum Darmawan, G. (2017). *Spectral analysis and markov switching model of Indonesia business cycle*. AIP Conference Proceedings 1827.) <https://doi.org/10.1063/1.4979447>

- Hall, P. & Wood, A. (1993). *On the performance of box-counting estimators of fractal dimension*. *Biometrika* 80(1): pp. 246-251.
- Hodrick, R.J. & Prescott, E.C. (1997). *Post-war U.S Business Cycles: An Empirical Investigation*. *Journal of Money, Credit, and Banking* 29, pp: 1 – 16.
- Jacobs, J. (1998). *Econometric Business Cycle Research [1 ed.]*. US: Springer.
- Mandelbrot, B.B. (1971). *A fast Fractional Gaussian Noise Generator*. *Water Resource Research*, 7, pp: 543-553.
- Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: W.H. Freeman and Co.
- Mandelbrot, B. B. & Van Ness, J. W. (1968). *Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications*. *SIAM Review* 10, pp: 422-37.
- Peters, E. E. (1994). *Fractal market analysis: applying chaos theory to investment and economics (Vol. 24)*. New York: Wiley.
- Richards, G. R. (2000). *The fractal structure of exchange rates: Measurement and forecasting*. *Journal of international Financial Markets, Institutions and Money*, 10(2), pp: 163-180.
- Phillips, P.C.B. & Jin, S. (2015). *Business Cycles, Trend Elimination, and the HP filter*. *Yale University, Cowles Foundation Discussion Paper No. 2005*.
- Stock, J.H. & Watson, M.W. (1998). *Business Cycle Fluctuation in US Macroeconomic Time Series*. Melalui <<http://www.nber.org/papers/w6528.pdf>> [07/09/16]
- Tokinaga, S., Moriyasu, H., Miyazaki, A., & Shimazu, N. (1999). *A forecasting method for time series with fractal geometry and its application*. *Electronics and Communications in Japan. (Part III: Fundamental Electronic Science)*, 82(3), 31–39. doi:10.1002/(sici)1520-6440(199903)82:3<31::aid-ecjc4>3.0.co;2-h
- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. California: Pearson Education, Inc.
- Zarnowitz, V. (1992). *Business Cycles: Theory, History, Indicators, and Forecasting*, volume 27 of *National Bureau of Economic Research Studies in Business Cycles*. Chicago: The University of Chicago Press.