

ANALISIS PERTUMBUHAN EKONOMI DAN VOLATILITAS DENGAN MENGUNAKAN METODE WAVELET

Ahmad Fikri¹⁾, Fitriani Agustina²⁾, Bambang Avip Priatna³⁾

^{1), 2), 3)}Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI

*Surel: ahmadfikri1694@gmail.com

ABSTRAK. Pertumbuhan Ekonomi merupakan hal yang paling penting dalam pengkategorian atau keadaan dalam suatu negara di dunia, menjadikan analisis pertumbuhan ekonomi dan volatilitas menjadikan topik yang selalu menarik untuk diteliti. Terdapat beberapa cara dalam analisis ekonomi, tetapi teknik tersebut masih belum dapat memenuhi karakteristik dari indikator-indikator pertumbuhan ekonomi dan volatilitas tersebut, contoh tidak stasioner, analisa jangka panjang ataupun pendek. Metode Wavelet digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut, karena sifat wavelet yang dapat *men-zoom in* ataupun *zoom out* maka wavelet cocok untuk analisa jangka panjang ataupun pendek, dan tidak adanya asumsi yang perlu di penuhi dalam wavelet termasuk stasioneritas merupakan alasan mengapa wavelet digunakan.

Wavelet merupakan suatu metode yang sangat berguna untuk mempelajari karakteristik *time – varying* pada pertumbuhan ekonomi dengan detail yang sangat terperinci dan juga tidak diperlukannya asumsi stasioneritas. Dengan wavelet, kasus *time series* dijadikan dua komponen yaitu *high frequency* dan *low frequency*, sehingga dapat diidentifikasi fase perlambatan dan fase percepatan dari pertumbuhan ekonomi tanpa menggunakan batasan apapun. Wavelet Varians, Wavelet Korelasi dan WRNN (Wavelet Recurrent Neural Network) menjadi alat utama dalam skripsi ini. Wavelet Variansi yang akan menganalisa volatilitas, Wavelet Korelasi yang akan menganalisa co-movement, dan WRNN yang akan memproyeksi keadaan ekonominya. Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan *software* Matlab R2015b, Negara Indonesia merupakan negara yang bervolatilitas dalam pertumbuhan ekonomi jangka pendek, dengan co-movement terjadi dengan negara Jepang, Thailand, Philippine, dan dalam memproyeksiannya nilai IPI Indonesia akan menaik.

Kata Kunci: Pertumbuhan Ekonomi, Volatilitas, Wavelet, Wavelet Korelasi, Wavelet Varians, WRNN.

ABSTRACT. Growth Economic known as Growth is one of the most important thing in categorical or describing the condition a country. It happens as growth and volatility analysis is one of interesting topics to be researched. Although there are several method used for growth analysis and volatility, yet those isnt filled the characteristics of growth's indicator, such stationarity, or short term and long term analysis. Wavelets are used to anticipate it, the ability to zoom in or zoom out are useful in short and long term analysis, and no stationarity assumption is one of the reason wavaelet are used lately.

In Time Series's case wavelet present it to be two components such high frequency and low frequency, as the identification of accrelation phase of growth doesnt need to be bounded. Wavelet Varians, Wavelet Correlation, and WRNN (Wavelet Recurrent Neural Network) are a main tools in this undergraduated's theses. Wavelet Varians is used for volatility analysis, Wavelet Correlation is used in co-movement analysis, and WRNN will predict the growth condition. Based on the the data proccesing using Matla R2015b, Indonesia is a the volatile country based on growth in short term, with the co-movement happened with Japan, Thailand, and Philippine, and also the proyectorry of Indonesia's IPI will increase.

Keywords: Growth, Volatility, Wavelet Varians, Wavelet Correlation, WRNN.

1. PENDAHULUAN

Ekonomi memegang peran penting bagi seluruh negara yang ada di dunia. Bahkan keadaan suatu negara, dapat dilihat melalui keadaan ekonomi yang terjadi. Suatu negara, berdasarkan keadaan ekonomi negaranya, dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu Negara Berkembang dan Negara Maju. Salah satu patokan yang menjadi tolak ukur keadaan ekonomi suatu negara adalah pendapatan perkapita (Sukirno, 2015). Pendapatan perkapita menunjukkan pendapatan yang dicapai rata-rata penduduknya selama satu tahun.

Negara berkembang mempunyai ciri utama, yaitu rendahnya pendapatan per kapita dari penduduknya (forexstarmoon, 2015). Menurut World Bank (2001), pendapatan perkapita untuk Negara Berkembang berada pada interval US\$876 – US\$10.275 per tahun, sedangkan pendapatan perkapita untuk Negara Maju diatas US\$10.726 per tahun. Hal ini sangat jauh berbeda, sehingga untuk negara maju dimana pendapatan perkapitanya tinggi menggambarkan standar hidup yang baik dibandingkan dengan negara berkembang. Pertumbuhan ekonomi di negara-negara maju relatif stabil, hal ini dikarenakan modal pembangunan yang mendukung, sehingga menyebabkan mudahnya memperoleh modal untuk mengembangkan usaha dengan demikian pendapatan masyarakat tinggi dan

masyarakat memiliki kebiasaan berinvestasi untuk menghasilkan kumpulan modal.

Pertumbuhan Ekonomi umumnya dilihat dari kenaikan GDP riil per kapita, hal itu disebabkan GDP lebih menggambarkan kemakmuran dari suatu negara tersebut. Untuk menghitung GDP terdapat beberapa cara, yaitu:

1. Pendekatan Produksi (*Production Approach*), yakni dengan melakukan penjumlahan nilai tambah kotor (*Gross Value Added*)
2. Pendekatan Pendapatan (*Income Approach*), yakni dengan menghitung pendapatan sesuai dengan aliran barang produksi tersebut.
3. Pendekatan Pengeluaran (*Expenditure Approach*), yakni dengan menjumlahkan total akhir dari unit-unit dalam perekonomian.

Dari ketigacara diatas terdapat satu persamaan yang dapat digunakan langsung untuk menghitung Gross Domestic Product (Mankiw, 2008), yaitu:

$$Y = C + I + G + N$$

1

Dengan

$$Y = G \quad D_t \quad P$$

$$C = K_t$$

$$I = I_t$$

$$G = P \quad P_t \quad h$$

$$N = N \quad E$$

Konsumsi yang dimaksud pada Persamaan (1) merupakan konsumsi yang dihabiskan oleh rumah tangga untuk membeli berbagai jenis kebutuhannya dalam satu tahun tertentu. Pengeluaran Pemerintah yang dimaksud pada Persamaan (1) merupakan Pengeluaran pemerintah pusat yang di salurkan ke pemerintah daerah ataupun yang dikeluarkan langsung untuk menyediakan fasilitas pendidikan dan kesehatan, pengeluaran untuk menyediakan polisi dan tentara, pembayaran gaji untuk pegawai pemerintah dan pembelajaran untuk mengembangkan infrastruktur yang dilakukan untuk kepentingan masyarakat. Investasi yang dimaksud pada Persamaan (1) merupakan pengeluaran untuk membeli barang modal yang dapat menaikkan produksi barang dan jasa di masa yang akan datang. Dan Net ekspor yang dimaksud pada Persamaan (1) merupakan nilai ekspor yang dilakukan suatu negara dalam suatu tahun tertentu dikurangi dengna nilai impor dalam periode yang sama.

Gross Domestic Product yang dikeluarkan pada tiap tahunnya, sedikit sulit untuk di analisis pada *short term* yang biasanya bulanan. Oleh karena itu, terdapat IPI (*Industrial Production Index*) yang merupakan salah satu statistika indikator untuk *short term* pertumbuhan ekonomi. *Industrial Production Index* (IPI) beberapa menyebut *Industrial Output Index* atau *Industrial Volume Index* adalah

indikator *business cycle* yang dihitung perbulan dan merubah harga output industri.

Dalam Forex Glossary, *Industrial Production Index* adalah ukuran output berdasarkan faktor penggunaan manufaktor, pertambangan, gas dan listrik dimana nilainya direpresentasikan sebagai persentase dari output produktif *real* yang berdasarkan tahun dasar dan juga merupakan indikator ekonomi yang dikeluarkan perbulan oleh *Federal Reserve Board*. Peningkatan IPI dapat menyebabkan penguatan nilai mata uang yang dapat mendorong pasar saham dan melemahkan pasar obligasi. Perubahan yang tajam dalam IPI biasanya memberikan harga yang bagus di pasar. *Federal Reserve System* atau yang lebih dikenal dengan The FED mempertimbangkan IPI sebagai kebijakan moneter, contoh jika indeksnya turun, maka ini mengindikasikan kemunduran dan The FED mungkin akan memotong suku bunga untuk menstimulasi pertumbuhan ekonomi. Dalam analisis pertumbuhan ekonomi yang berkorespondensi perbulan, maka dinilai lebih representatif jika menggunakan IPI dibandingkan GDP.

Sebagaimana diketahui bahwa, GDP dan IPI dapat dijadikan variabel sebagai indikator makroekonomi yang menjadi representatif dari pertumbuhan ekonomi. Banyak penelitian yang mengkaji mengenai bagaimana laju pertumbuhan ekonomi, dan nilai volatilitas yang terjadi. Terdapat beberapa metode untuk menganalisa pertumbuhan ekonomi, menurut sejarahnya metode yang digunakan adalah Transformasi Fourier, tetapi terdapat asumsi yang sangat mendasar dalam pengerjaannya yaitu stationeritas (Granger 1966). Tetapi tidak semua data akan memenuhi asumsi stationeritas tersebut, oleh karena itu terdapat metode baru yaitu metode wavelet.

Metode wavelet mempunyai beberapa karakteristik yang dibutuhkan dan telah dibuktikan kegunaannya dalam analisis pertumbuhan ekonomi dan volalitasnya (Inga Maslova, etc. 2013), yaitu dekomposisi wavelet menyediakan skala frekuensi dari himpunan yang tidak berkorelasi, seperti penjumlahan dari setiap komponennya sama seperti deret awalnya. Ketika menganalisa fluktuasi pertumbuhan ekonomi, dapat dipastikan bahwa volalitas yang erat kaitannya dengan skala perbedaan waktu seluruhnya teridentifikasi. Selain itu, dekomposisi wavelet melokalisasi baik itu waktu dan frekuensinya, dan informasi domain waktu dan frekuensinya dari deret awalnya. Oleh karena itu, kejadian yang telah terjadi seperti krisis tidak mempengaruhi dekomposisi apapun pada waktu apapun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prosedur analisis pertumbuhan ekonomi dan volatilitas dengan menggunakan metode wavelet, serta mengetahui hasil penerapan metode wavelet pada analisis pertumbuhan ekonomi dan volatilitas.

1. Metode Wavelet

Transformasi wavelet adalah sebuah transformasi untuk memotong data atau fungsi atau operator dalam komponen frekuensi yang berbeda (Daubechies, 1992). Transformasi wavelet, mentransformasikan sinyal yang berjalan bersamaan dengan waktu. Dengan kata lain transformasi wavelet bergantung pada 2 variabel, yaitu : *scale* (frekuensi) dan waktu. Hal ini mengindikasikan bahwa wavelet dapat melokalisasi frekuensi – waktu. Berdasarkan pada jenis domain Transformasi Wavelet, terbagi menjadi 2 transformasi yaitu :

1. *Continuous Wavelet Transformation* / Transformasi Wavelet Kontinu (CWT)

Dengan bentuk umum untuk CWT :

$$W(a, b) = \int f(t) \cdot |a|^{-\frac{1}{2}} \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) dt$$

2. *Discrete Wavelet Transformation* / Transformasi Wavelet Diskret (DWT)
Berdasarkan sifatnya, *Discrete Wavelet Transformation* (DWT) dapat dibedakan menjadi 2 (Daubechies, 1992), yaitu:

1. *Redundant Discrete System* (MODWT – *Maximum Overlap Discreet Wavelet Transformation*)
2. Wavelet Basis Ortonormal

Bentuk umum untuk DWT :

$$\psi_{m,n}(x) = 2^{-\frac{m}{2}} \psi(2^{-m}x - n)$$

Dalam artikel ini, penulis akan berfokus pada Metode Wavelet yang selanjutnya digunakan sebagai alat untuk menganalisa pertumbuhan ekonomi dan volatilitas. Untuk analisis volatilitas akan digunakan Wavelet Variansi, untuk analisis pertumbuhan ekonomi yang dilihat dari suatu co-movement dari 2 negara yang berbeda akan digunakan Wavelet Korelasi dan Wavelet Cross-korelasi, dan untuk *forecasting* akan digunakan Wavelet Recurrent Neural Network. Selanjutnya akan dibahas metode-metode tersebut.

2. Wavelet Varians

Wavelet varians merupakan varians dengan mempertimbangkan koefisien wavelet. Misalkan diketahui panjang dyadic $N = 2^J$ dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_{N-1})$ dalam proses stokastik x_t serta menggunakan *Maximum Overlap Discreet Wavelet Transformation* (MODWT) dengan $J_p \leq J$ untuk menghasilkan vektor panjang N dari koefisien wavelet w , maka estimator tak bias dari wavelet varians berdasarkan MODWT (Gencay, Selcuk, & Whitcher, 2002) didefinisikan sebagai berikut:

$$\bar{\sigma}_x^2(\lambda_j) = \frac{1}{N_j} \sum_{t=L_j-1}^{N-1} \tilde{w}_{j,t}^2$$

1.1

dimana $L_j' = [(L-2)(1-2^{-j})]$ adalah bilangan dari koefisien yang dimasukkan dengan batasan dan $N_j = \frac{N}{2^{j-L_j}}$ adalah bilangan dari wavelet koefisien pada skala λ_j tanpa pengaruh batasannya.

3. Wavelet Covarians

Wavelet Covarians adalah Covarians antara skala wavelet koefisien λ_j dari runtun waktu bivariat (Gencay, Selcuk, & Whitcher, 2002). Misalkan $X = (X_U, X_1, \dots, X_{N-1}) = (x_{1,U}, x_{2,U}), (x_{1,1}, x_{2,1}), \dots, (x_{1,N-1}, x_{2,N-1})$ dengan panjang N yang terealisasi dari proses stokastik bivariat X_t serta dengan menggunakan *Maximum Overlap Discreet Wavelet Transformation* (MODWT) dari $J_p < \log_2(T)$ untuk setiap proses univariat $x_{1,t}$ dan $x_{2,t}$, maka koefisien wavelet yang diperoleh dari MODWT sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tilde{W}_j &= (\tilde{W}_{j,U}, \tilde{W}_{j,1}, \dots, \tilde{W}_{j,N-1}) \\ &= ((\tilde{w}_{1,j,U}, \tilde{w}_{2,j,U}), (\tilde{w}_{1,j,1}, \tilde{w}_{2,j,1}), \dots, (\tilde{w}_{1,j,N-1}, \tilde{w}_{2,j,N-1})) \end{aligned}$$

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka wavelet covarians menurut *Maximum Overlap Discreet Wavelet Transformation* (MODWT) adalah

$$\bar{\gamma}_X(\lambda_j) = \frac{1}{N_j} \sum_{l=L_j-1}^{N-1} \tilde{w}_{1,j,l} \tilde{w}_{2,j,l}$$

1.2

dimana $N_j = N - L_j + 1$.

4. Wavelet Cross-Covarians

Wavelet Cross-Covarians merupakan wavelet covarians yang mengandung lag τ antara 2 data time seriesnya. Misalkan diketahui $S_X(f)$ sebagai cross spektrum diantara $x_{1,t}$ dan $x_{2,t}$ dan didefinisikan dengan:

$$S_X(f) = \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} \gamma_{X,\tau} e^{-2\pi i f \tau} \quad \text{ü} \quad |f| \leq \frac{1}{2}$$

1.3

Berdasarkan Persamaan (1.3) wavelet covarians akan menangkap lebih kecil dari spektrum ataupun *cross* spektrum saat λ_j meningkat ($f \rightarrow 0$) maka untuk menanggulangi nilai wavelet covarians yang menangkap lebih kecil dari cross spektrum tersebut, sehingga terdapat lag τ antara $w_{1,j,t}$ dan $w_{2,j,t}$, dengan *wavelet cross covarians*

$$Y_{X,\tau}(\lambda_j) = \begin{cases} \tilde{N}_j^{-1} \sum_{l=L_j-1}^{N-\tau-1} \tilde{W}_{1,j,l} \tilde{W}_{2,j,l+\tau} & \tau = 0, \dots, \tilde{N}_j - 1 \\ \tilde{N}_j^{-1} \sum_{l=L_j-1-\tau}^{N-1} \tilde{W}_{1,j,l} \tilde{W}_{2,j,l+\tau} & \tau = -1, \dots, -(\tilde{N}_j - 1) \\ 0 & \text{It} \end{cases}$$

1.4

5. Wavelet Korelasi

Wavelet Korelasi berguna untuk menganalisis hubungan antara dua fungsi gelombang/spektral. Analisis dari wavelet korelasi berguna untuk mengetahui pola – pola yang terjadi diantara dua gelombang, apabila ternyata tidak ada korelasi, maka hal ini mempunyai makna bahwa tidak terdapat pola terhadap perubahan antara 2 data. Dengan kata lain pergerakan dari data yang terlihat pada pola bergerak secara random

Wavelet korelasi dibentuk oleh pembagian dari wavelet covarians untuk $X_{\tau} = (x_{1,\tau}, x_{2,\tau})$ dan wavelet varians untuk $x_{1,\tau}$ dan $x_{2,\tau}$, yang dengan menggunakan MODWT, diperoleh:

$$\bar{\rho}_X(\lambda_j) = \frac{\bar{Y}_X(\lambda_j)}{\bar{\sigma}_1(\lambda_j)\bar{\sigma}_2(\lambda_j)}$$

1.5

dimana $\bar{Y}_X(\lambda_j)$ merupakan covarians yang didefinisikan pada persamaan (1.2) dan $\bar{\sigma}_1(\lambda_j)$, $\bar{\sigma}_2(\lambda_j)$ merupakan varians dari $(x_{1,\tau})$ dan $(x_{2,\tau})$ yang didefinisikan pada persamaan (1.1)

Interval kepercayaan untuk wavelet korelasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\tanh \left\{ h[\bar{\rho}_X(\lambda_j)] \pm \xi_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{1}{\tilde{N}_j - 3} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}$$

dengan

$$h[\bar{\rho}_X(\lambda_j)] = t_{\alpha} \quad h^{-1}(\bar{\rho}_X(\lambda_j))$$

dimana \tilde{N}_j menyatakan jumlah koefisien MODWT yang berasosiasi dengan skala λ_j . Pengujian wavelet korelasi dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan software Matlab 2015b, dengan perumusan hipotesis sebagai berikut

H_0 : Tidak terdapat korelasi wavelet

H_1 : Terdapat korelasi wavelet.

serta dengan kriteria pengujian Tolak H_0 , apabila nilai $P_V < \alpha$

6. Wavelet Cross-Korelasi

Wavelet Cross-Korelasi biasanya dipergunakan untuk menentukan hubungan lead/lag antara 2 proses atau gelombang, dan didefinisikan sebagai berikut

$$\bar{\rho}_X(\lambda_j) = \frac{\bar{\gamma}_{X,\tau}(\lambda_j)}{\bar{\sigma}_1(\lambda_j)\bar{\sigma}_2(\lambda_j)} \quad 1.6$$

Interval kepercayaan untuk wavelet cross-korelasi dirumuskan sebagai berikut (Gencay, Selcuk, & Whitcher, 2002)

$$\tanh \left\{ h[\bar{\gamma}_{X,\tau}(\lambda_j)] \pm \xi_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{1}{\bar{N}_j - 3} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}$$

dimana,

$$h[\bar{\rho}_X(\lambda_j)] = t_{\alpha} \quad h^{-1}(\bar{\gamma}_{X,\tau}(\lambda_j))$$

dimana \bar{N}_j menyatakan jumlah koefisien MODWT yang berasosiasi dengan skala λ_j . Pengujian wavelet cross-korelasi dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan software Matlab 2015b, dengan perumusan hipotesis sebagai berikut

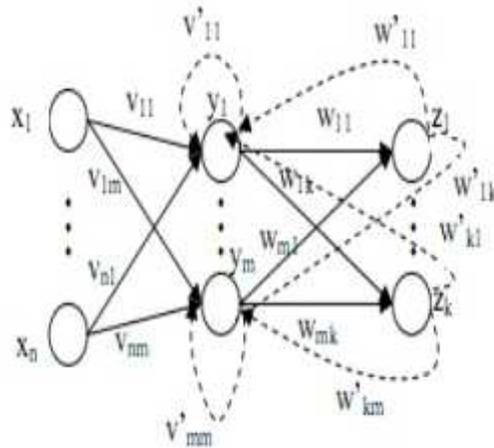
H_0 : Tidak terdapat korelasi wavelet

H_1 : Terdapat korelasi wavelet.

serta dengan kriteria pengujian Tolak H_0 , apabila nilai $P_V < \alpha$

7. Wavelet Recurrent Neural Network

Recurrent Neural Network adalah jaringan yang mengakomodasi output jaringan untuk menjadi input pada jaringan yang sama, dalam rangka menghasilkan output jaringan berikutnya (Hu & Balasubramaniam, 2008). Hal yang membedakan *Recurrent Neural Network* dari jenis jaringan lainnya adalah adanya *loop feedback* yang memungkinkan untuk menggunakan informasi dari pada sebelumnya bersama dengan inputan, atau dengan kata lain subjek dari *recurrent neural network* bukan hanya data input baru tetapi yang terdahulu juga, termasuk data *noise* (Gencay, Selcuk, & Whitcher, 2002). *Recurrent Neural Network* mempunyai kemampuan untuk menjadi data lampau dari input filternya sebagai informasi tambahan.



Gambar 1.1 Recurrent Neural Network

Berdasarkan Gambar 1.1 diperoleh informasi bahwa *Recurrent Neural Network* yang terdiri dari 3 layer dengan komposisi :

1. Layer input terdiri dari n *neuron*
2. Layer *hidden* terdiri dari m *neuron*

Model untuk *Hidden-Recurrent* direpresentasikan dengan

$$y_t = s \left(\beta_u + \sum_{i=1}^m \beta_i h_{i,t} \right) + \varepsilon_t$$

Dan

$$h_{i,t} = g \left(\alpha_{iu} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_{j,t} + \sum_{l=1}^m \delta_{il} h_{l,t-1} \right)$$

3. Layer Output terdiri dari k *neuron*

Model untuk *Output-Recurrent* direpresentasikan dengan

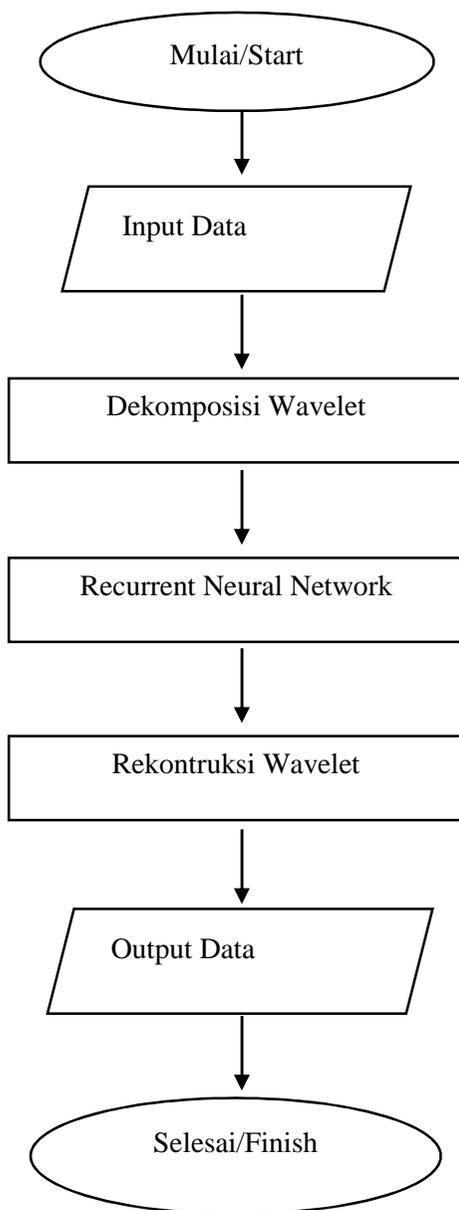
$$y_t = s \left(\beta_u + \sum_{i=1}^k \beta_i h_{i,t} \right) + \varepsilon_t$$

Dan

$$h_{i,t} = g \left(\alpha_{iu} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_{j,t} + \sum_{l=1}^k \delta_{il} h_{l,t-1} \right)$$

Untuk melakukan *Recurrent Neural Network*, dilakukan secara detail dengan menggunakan algoritma *Real Time Recurrent Learning*.

Wavelet Recurrent Neural Network merupakan metode perkembangan dari *Recurrent Neural Network*, dimana terjadi pendekomposisian dan perekonstruksian wavelet didalamnya. Metode ini direpresentasikan melalui *flowchart* berikut :



Gambar 1.2 flowcart WRNN

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Volatilitas

Dalam analisis volatilitas, akan dibandingkan estimasi dari wavelet variansi yang merupakan output dari GDP 5 negara yang dipilih. Variansi didapat dari hasil dekomposisi dari masing masing GDP menggunakan MODWT, yang selanjutnya disubstitusikan pada persamaan (1.1).

Selanjutnya hal yang akan dilakukan yaitu membandingkan keseluruhan wavelet varians dari negara-negara yang dipilih. Informasi mengenai wavelet varians dari setiap negara yang dipilih disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 wavelet variansi GDP (*growth*)

Level	Wavelet Varians Indonesia	Wavelet Varians USA	Wavelet Varians Jepang	Wavelet Varians Filipina	Wavelet Varians Thailand
1	4.3	1.36	3.19	2.102	3.19
2	3.45	1.47	2.38	2.92	3.02
3	2.91	0.71	0.697	3.014	4.16
4	0.57	0.064	0.29	1.73	0.95

Berdasarkan Tabel 4.1, diperoleh informasi :

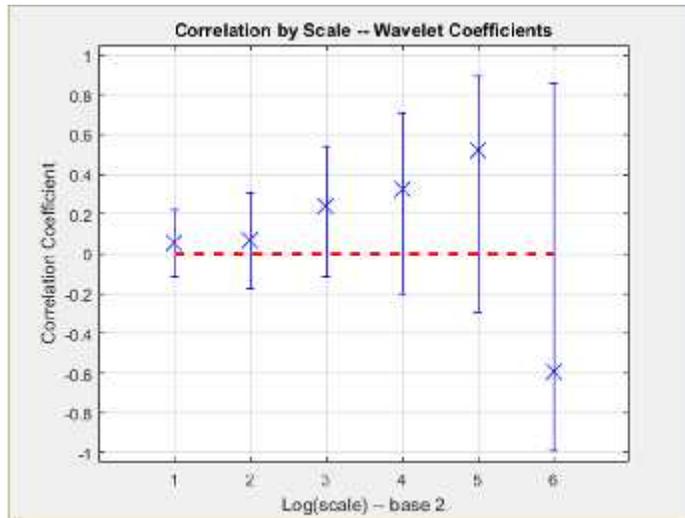
1. Pada level 1, yang berarti tiap 2 tahunan. Indonesia merupakan negara yang paling bervolatilitas dalam GDP *growth* dibandingkan negara lainnya. Hal ini bisa dikarenakan Indonesia yang memiliki GDP terendah diantara 5 negara yang dipilih, sehingga untuk nilai GDP *growth* nya pun sering mengalami volatilitas. Berbeda dengan Indonesia, USA merupakan negara yang stabil dalam hal GDP *growth* nya. USA yang merupakan negara maju dapat menjadi salah satu alasan mengapa GDP *growth* nya stabil, tetapi Jepang yang merupakan negara maju bervolatilitas per 2 tahunnya.
2. Pada level 2, yang berarti tiap 4 tahun Indonesia negara yang paling bervolatilitas dalam GDP *growth* dibandingkan negara lainnya. USA merupakan negara yang stabil dalam hal GDP *growth* nya. Negara jepang pada level 1 bervolatilitas, tetapi pada level 2 ini mengalami penurunan dalam nilai wavelet varians, hal ini mengindikasikan volatilitas untuk Jepang pada level 2 atau tiap 4 tahunnya tidak terlalu bervolatilitas.

3. Level 1 dan level 2 sering disebut (*short term*), terlihat Indonesia merupakan negara yang sangat bervolatilitas dalam *short term*. Disusul Thailand, dan Jepang. Untuk Negara Filipina dan USA merupakan negara dengan nilai yang stabil untuk *short term*.
4. Pada level 3, yang berarti tiap 8 tahunan. Thailand merupakan negara yang paling bervolatilitas dalam *GDP growth* dibandingkan dengan negara lainnya. Jepang merupakan negara yang paling stabil dalam *GDP growth* per 8 tahun.
5. Pada level 4, yang berarti tiap 16 tahun Philippine merupakan negara yang paling bervolatilitas dalam *GDP growth* dibandingkan dengan negara lainnya. USA merupakan negara yang paling stabil dalam *GDP growth* per 16 tahun.
6. Level 3 dan level 4 sering disebut (*long term*), terlihat Philippine dan Thailand merupakan negara yang paling bervolatilitas dalam *long term*. Indonesia yang merupakan negara yang paling bervolatilitas dalam *short term*, tetapi tidak pada *long term*.
7. Negara Indonesia dan Jepang mempunyai pola yang sama yaitu, wavelet variansnya menurun seiring dengan meningkatnya level.

2. Co-movement

Seberapa besar negara-negara bersinkronisasi merupakan salah satu dasar mengapa dilakukan analisa co-movement. Digunakan wavelet korelasi dan wavelet cross-corelation untuk analisa co-movement. Data yang digunakan untuk mengetahui co-movement ini adalah IPI (Industrial Production Index), hal ini dikarenakan jumlah observasi yang dibutuhkan lebih banyak dan IPI merupakan salah satu indikator dalam pertumbuhan ekonomi.

Pertama kali data IPI akan di dekomposisi dengan MODWT dan akan di substitusikan ke persamaan wavelet korelasi yang terdapat pada Persamaan (1.5). Pada kesempatan ini, hanya akan dijelaskan untuk co-movement dari 2-3 negara saja, yaitu co-movement antara negara Jepang, Indonesia dan USA.



Gambar 4. 1 Wavelet Korelasi Antara IPI Indonesia dan IPI Jepang

Gambar 4.1 merupakan output wavelet korelasi untuk IPI Indonesia dan IPI Jepang. Jika direpresentasikan dalam tabel, maka :

Tabel 4.2 Wavelet Korelasi Antara IPI Indonesia dan IPI Jepang

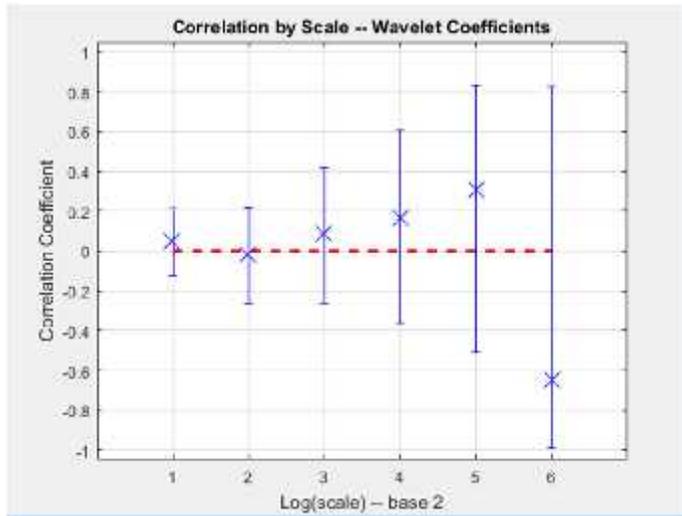
	Lower	Rho	Upper	Pvalue	AdjustedPvalue
D1 (2 months)	-0,11918	0,052102	0,220374	0,551439	1
D2 (4 months)	-0,17731	0,067621	0,304668	0,589556	1
D3 (8 months)	-0,11331	0,239306	0,538384	0,179827	1
D4 (16 months)	-0,20219	0,326214	0,707511	0,217542	1
D5 (32 months)	-0,29274	0,518997	0,895987	0,187505	1
D6 (64 months)	-0,98996	-0,5947	0,855162	0,405299	1

Perumusan hipotesis untuk wavelet korelasi :

H_0 : Tidak terdapat korelasi wavelet yang signifikan secara statistik

H_1 : Terdapat korelasi wavelet yang signifikan secara statistik

Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$, tolak H_0 jika $P_v < \alpha$. Sedemikian sehingga berdasarkan Tabel 4.2 maka, tidak terdapat korelasi yang signifikan secara statistik antara IPI Indonesia dan IPI Jepang pada tiap frekuensi yang dihitung. Atau dengan kata lain, pertumbuhan IPI Indonesia tidak bersinkronisasi dengan pertumbuhan IPI Jepang, baik untuk *short term* ataupun *long term*.



Gambar 4. 2 Wavelet Korelasi Antara IPI Indonesia dan IPI USA

Gambar 4.2, merupakan output wavelet korelasi untuk Indonesia dan USA. Jika direpresentasikan dalam tabel, maka :

Tabel 4. 5 Wavelet Korelasi Antara IPI Indonesia dan IPI USA

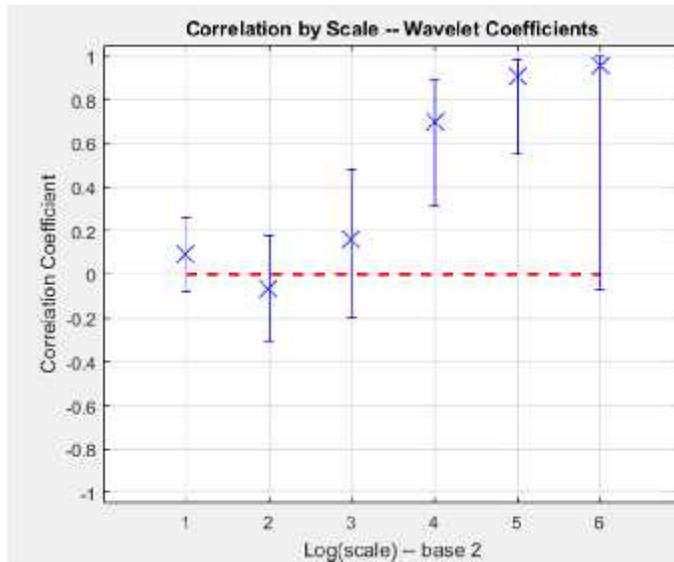
	Lower	Rho	Upper	Pvalue	AdjustedPvalue
D1 (2 months)	-0,12273	0,048513	0,216948	0,579224	1
D2 (4 months)	-0,2611	-0,02035	0,222777	0,871144	1
D3 (8 months)	-0,26593	0,085156	0,416295	0,637512	1
D4 (16 months)	-0,36251	0,162369	0,609053	0,547974	1
D5 (32 months)	-0,50858	0,305628	0,831272	0,461633	1
D6 (64 months)	-0,99163	-0,65051	0,828638	0,349486	1

Perumusan hipotesis untuk wavelet korelasi :

H_0 : Tidak terdapat korelasi wavelet yang signifikan secara statistik

H_1 : Terdapat korelasi wavelet yang signifikan secara statistik

Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$, tolak H_0 jika $P_v < \alpha$. Sedemikian sehingga berdasarkan Tabel 4.5 maka, tidak terdapat korelasi yang signifikan secara statistik antara IPI Indonesia dan IPI USA pada tiap frekuensi yang dihitung. Atau dengan kata lain, pertumbuhan IPI Indonesia tidak terpengaruh oleh pertumbuhan IPI USA, baik untuk *short term* ataupun *long term*.



Gambar 4. 3 Wavelet Korelasi Antara IPI Jepang dan IPI USA

Gambar 4.3 merupakan output wavelet korelasi untuk Jepang dan USA. Jika direpresentasikan dalam tabel,

Tabel 4. 6 Wavelet Korelasi Antara IPI Jepang dan IPI USA

	Lower	Rho	Upper	Pvalue	AdjustedPvalue
D1 (2 months)	-0,08243	0,089043	0,255398	0,308097031	1
D2 (4 months)	-0,30439	-0,06731	0,177614	0,591261954	1
D3 (8 months)	-0,19695	0,156971	0,474698	0,382998365	1
D4 (16 months)	0,312219	0,699642	0,887536	0,002553629	0,023174
D5 (32 months)	0,55235	0,904837	0,982838	0,002003661	0,023174
D6 (64 months)	-0,06982	0,955376	0,999095	0,044624155	0,269976

Perumusan hipotesis untuk wavelet korelasi :

H_0 : Tidak terdapat korelasi wavelet yang signifikan secara statistik

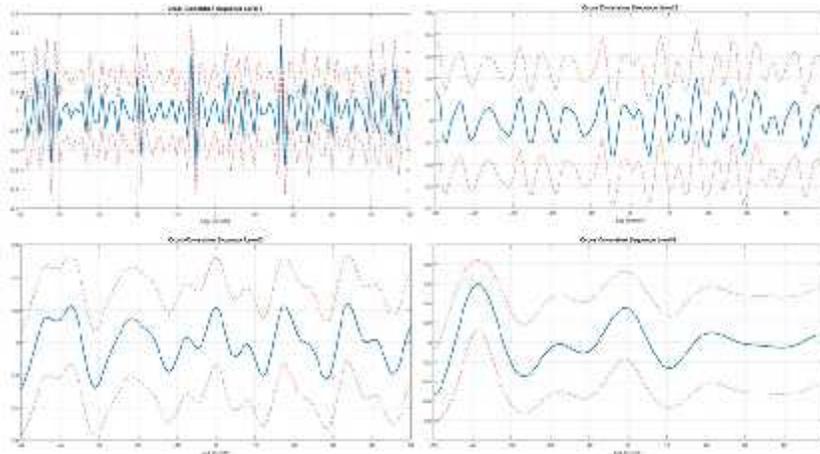
H_1 : Terdapat korelasi wavelet yang signifikan secara statistik

Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$, tolak H_0 jika $P_v < \alpha$. Sedemikian sehingga berdasarkan Tabel 4.6 maka, terdapat korelasi yang signifikan secara statistik antara IPI Jepang dan IPI USA pada d4 (16 bulannan), d5 (32 bulannan), dan d6 (64 bulannan). Sehingga tiap 16 bulannan, 32 bulannan dan 64 bulannan pertumbuhan IPI Jepang dan IPI USA saling mempengaruhi satu sama lain dengan nilai 0,699 untuk 16 bulannan, 0,904 untuk 32 bulannan dan 0,955 untuk 64

bulanan atau dengan kata lain terdapat co-movement yang besar untuk pertumbuhan IPI Jepang dan IPI USA dalam *long term*. Tetapi untuk frekuensi yang lainnya tidak terdapat korelasi secara statistik signifikan

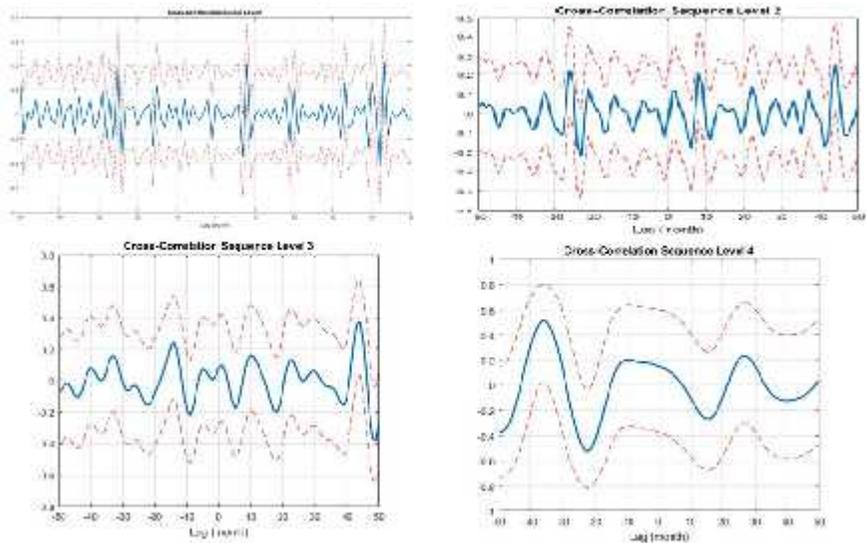
Selanjutnya akan dilakukan analisis co-movement dengan menggunakan wavelet cross correlation yang pada dasarnya akan melihat pada lag berapa mengalami co-movement yang sangat tinggi dilihat dari grafik cross-correlation. Untuk mengetahui apakah wavelet cross-correlation tersebut signifikan atau tidak dilihat dari garis upper dan lower harus melewati nilai 0 pada bidang y.

Dilakukan pembatasan untuk cross correlation hanya 50 bulan pertama yang dihitung pada level masing masing dan hanya akan dijelaskan untuk co-movement dari 2-3 negara saja, yaitu co-movement antara negara Jepang, Indonesia dan USA.



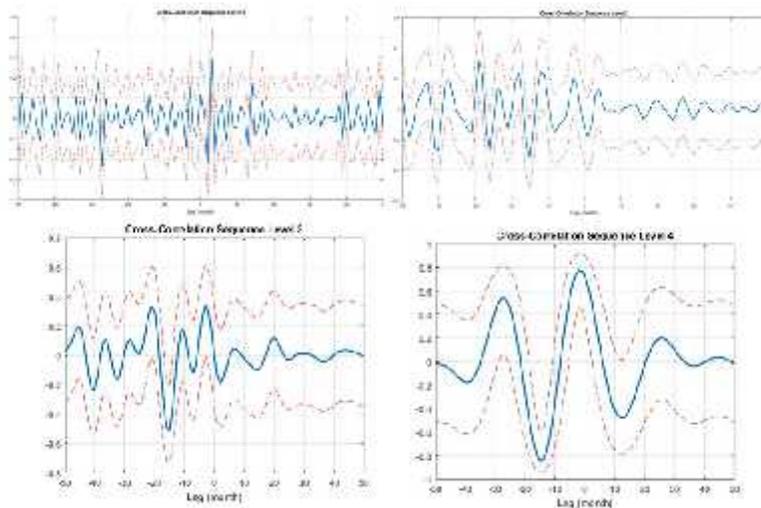
Gambar 4. 16 Wavelet Cross Korelasi Antara IPI Indonesia dan IPI Japan; (d1 kanan atas,d2 kiri atas, d3 kanan bawah dan d4 kiri bawah)

Gambar 4.16 merupakan hasil dari wavelet cross-correlation dari IPI Indonesia dan IPI Japan. Dari hasil wavelet cross-correlation dapat terlihat pada lag 0, grafik korelasi, upper dan lower tidak ada yang berada diatas atau di bawah nilai 0, sehingga baik untuk skala 2 bulanan (d1), 4 bulanan (d2), 8 bulanan (d3) ataupun 16 bulanan (d4). Pertumbuhan IPI negara Indonesia tidak diikuti oleh pertumbuhan IPI negara Jepang atau dengan kata lain tidak terdapat co-movement antara IPI Indonesia dan IPI Jepang.



Gambar 4. 19 Wavelet Cross Korelasi Antara IPI Indonesia dan IPI USA; (d1 kanan atas,d2 kiri atas, d3 kanan bawah dan d4 kiri bawah)

Gambar 4.19 merupakan hasil dari wavelet cross-correlation dari negara Indonesia dan USA. Dari hasil wavelet cross-correlation dapat terlihat pada lag 0, grafik korelasi, upper dan lower tidak ada yang berada diatas atau di bawah nilai 0, sehingga baik untuk skala 2 bulanan (d1), 4 bulanan (d2), 8 bulanan (d3) ataupun 16 bulanan (d4). Pertumbuhan IPI negara Indonesia tidak diikuti oleh pertumbuhan IPI negara USA



Gambar 4. 22 Wavelet Cross Korelasi Antara IPI Jepang dan IPI USA; (d1 kanan atas,d2 kiri atas, d3 kanan bawah dan d4 kiri bawah)

Gambar 4.22 merupakan hasil dari wavelet cross-correlation IPI dari negara Jepang dan USA. Dari hasil wavelet cross-correlation dapat terlihat pada lag 0, grafik korelasi, upper dan lower terdapat yang berada di atas 0 yaitu pada skala 16 bulanan (d4). Pada skala 16 bulanan, pertumbuhan IPI Jepang diikuti oleh pertumbuhan IPI USA, dan pada lag 10-12 mengalami co-movement yang paling rendah, hal ini berarti saat nilai IPI Jepang naik, nilai IPI USA mengalami penurunan, pertumbuhan IPI USA mengikuti IPI Jepang dengan lag ke 10-12.

3. Forecasting

Berdasarkan hasil Wavelet Neural Network yang berawal dari pendekomposisian wavelet, lalu diproses dengan Recurrent Neural Network, dan diakhiri dengan Rekonstruksi Wavelet. Diperoleh nilai MSE nya adalah

$$\text{MSE} : 2,45349542e-1$$

Dengan estimasi WRNN untuk 5 bulan kedepan dengan menggunakan db2 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Hasil Prediksi Wavelet Recurrent Neural Network

Data ke-	Hasil WRNN
268	3,915
269	3,785
270	0,542
271	-0,153
272	3,592

Terlihat dari hasil prediksinya, maka untuk bulan kedepan nilai dari Industrial Production Index Indonesia akan meningkat dari bulan sebelumnya, dengan kata lain pada bulan April 2016 nilai Industrial Production Index Indonesia akan meningkat.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam penerapan metode wavelet pada analisis pertumbuhan ekonomi dan volatilitas, pertama kali yang harus dilakukan adalah pendekomposisian data yang dijadikan panduan sebagai indikator pertumbuhan ekonomi yang selanjutnya hasil pendekomposisian tersebut dapat disubstitusikan kepada persamaan wavelet variansi sebagai panduan untuk melihat bagaimana volatilitasnya, wavelet korelasi

dan cross korelasi sebagai panduan untuk melihat co-movementnya, dan yang terakhir adalah hasil dekomposisi tadi merupakan inputan dalam recurrent neural network yang selanjutnya hasil outputannya di rekonstruksi ulang untuk mendapatkan hasil proyeksi dalam skala awal.

2. Untuk jangka waktu pendek Negara Indonesia merupakan negara yang paling bervolatilitas dalam pertumbuhan ekonomi, tetapi dalam jangka waktu panjang Negara Thailand dan Philippine lah yang paling bervolatilitas. Negara USA merupakan negara yang paling stabil dalam pertumbuhan ekonomi untuk jangka waktu panjang ataupun pendek. Terlihat pula co-movement untuk negara USA, terjadi dengan negara Jepang saja yang termasuk negara maju. Masing-masing negara berkembang yang diambil yaitu Negara Indonesia, Philippine dan Thailand memiliki co-movement dengan masing-masing negara walaupun hanya untuk jangka waktu pendek atau jangka waktu panjang. Sedangkan untuk Negara Jepang, terlihat memiliki co-movement yang baik dengan Negara Indonesia, Philippine, dan Thailand. Dilihat dari proyeksinya, yang dilakukan untuk Negara Indonesia saja, nilai IPI akan menaik dari bulan lalu.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk penelitian-penelitian selanjutnya. Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut gunakan jenis keluarga wavelet lainnya seperti, Haar, Daubechies (d4), Discrete Meyer atau Morlet dan juga gunakan algoritma lain selain *Real Time Recurrent Learning*.

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Grossman., and J. Morlet. (1984). Decomposition of Hardy Function Into Square Integrable Wavelet of Constant Shape. *SIAM Journal of Mathematics Analysis*, 15, 723-726.
- [2] Afif, V. S. (t.thn.). *Pemodelan Wavelet Recurrent Neural Network pada Data Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar AS (SKRIPSI)*. Semarang: Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
- [3] Alpari. (2016, Mei 21). *Macro Economic*. Diambil kembali dari alpari-forex: http://alpari-forex.com/id/analytics/fundamental_analysis/macro_indicators/.

- [4] Aslaken, E., & Klauder, J. (1968). Unitary Representation of The Affine Group. *Journal Math. Phys.* 9, 206-211.
- [5] Barry Eichengreen, A. K. (1996). Contagious Currency Crises. *Scandinavian Journal of Economics (1996)*. , 29-56.
- [6] Bhavesh Patel, D. R. (2011). Study of Comovement and Interdependence of Indian Stock Market with Selected Foreign Markets. *Asian Journal of Research in Banking & Finance, Vol 1, Issue 3*, 74-92.
- [7] Calvo, G. A. (1996). Inflows of Capital to Developing Countries in the 1990s. *Journal of Economic Perspectives*, 10(2), 123-139.
- [8] Case, K. E., Fair, R. C., & Oster, S. M. (2012). *Principles of Economics*. Pearson - Prentice Hall.
- [9] CMSForex. (2016, Mei 22). *Industrial Production Index*. Diambil kembali dari CMSForex: [http://www.cmsfx.com/en/forex-education/Forex-Glossary/industrial-production-index-\(ipi\)/](http://www.cmsfx.com/en/forex-education/Forex-Glossary/industrial-production-index-(ipi)/).
- [10] Damodar N., Gujarati, Dawn. C. Porter. (2010). *Dasar-dasar Ekonometrika (Vol. V)*. Jakarta: Salemba Empat.
- [11] Daubechies, I. (1992). *Ten Lectures on Wavelet*. Philadelphia, Pennsylvania: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [12] Dornbuch, R., & Fischer, S. (1994). *Buku Pembangunan Ekonomi*. Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- [13] Dunne, R. A. (2007). *A Statistical Approach to Neural Network for Pattern Recognition*. New Jersey: A. John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- [14] Eurostat. (2016, Mei 22). *Industrial production (volume) index overview*. Diambil kembali dari eurostat Statistics Explained: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Industrial_production_\(volume\)_index_overview#Methodology_2F_Metadata](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Industrial_production_(volume)_index_overview#Methodology_2F_Metadata).

- [15] Forexstarmoon. (2015, January 3). *forexstarmoon*. Dipetik December 15, 2015, dari forexstarmoon Website: <http://forexstarmoon.com/fundamental-edukasi/mempelajari-indikator-negara-maju-dan-berkembang-bagian-1/>.
- [17] Gencay, R., Selcuk, F., & Whitcher, B. (2002). *An Introduction to Wavelet and Other Filtering Methods in Finance and Economics*. San Diego: Academic Press.
- [18] Grossmann, A. and Morlet, J. (1984). Decomposition of Hardy Function Into Square Integrable Wavelet of Constant Shape. *SIAM Journal of Mathematics Analysis*, 15, 723 - 726.
- [19] Hausmann, R. P. (2005). Growth Acceleration. *Journal of Economic Growth*, 303-329.
- [20] Hnatkovska, V. A. (2004). Volatility and Growth. *Policy Research Working Paper Serie 3184*.
- [21] Hu, X., & Balasubramaniam, P. (2008). *Recurrent Neural Network*. Vienna: In-Teh.
- [22] Jaffard, S. M. (2001). *Wavelet: Tools for Science & Technology*. Society for Industrial Mathematics.
- [23] Jensen, M. (2000). An Alternative Maximum Likelihood Estimator of Long Memory Processes Using Compactly Supported Wavelet. *Journal of Economic Dynamic & Control* 24, 361 - 387.
- [24] Kreyszig, E. (1978). *Introductory Functional Analysis with Applications*. New York: John Wiley & Sons.
- [25] Lee, H. D. (2012). Contagion in International Stock Markets during The Sub Prime Mortgage Crisis. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 41-53.
- [26] MacCluer, B. D. (2009). *Elementary Functional Analysis*. New York: Springer.

- [27] MacCluer, B. D. (2009). *Elementary Functional Analysis*. New York: Springer Science+Business Media .
- [28] Mankiw, N. G. (2008). *Principles of Macroeconomic*. Mason: South Western Cengage Learning.
- [29] Maslova, I. O. (2013). Growth and Volatility Analysis Using Wavelets. *Policy Research Working Paper Series 6578*.
- [30] Masson, P. R. (1998). Contagion: Monsoonal Effects, Spillovers, and Jumps Between Multiple Equilibria. *IMF Working Paper No. 98/142*.
- [31] Morlet, J., Arens, G., & Fourceau, I. (1982). Wave Propagation and Sampling Theory. *Geophysics 47*, 203-236.
- [32] Neumann, M., & Greiber, C. (2004). Inflation and Core Money Growth in The Euro Area. *Deutsche Bundesbank Discussion Paper 36*.
- [33] Nicholas Barbris , Andrei Shleifer, & Jeffrey Wurgler. (2002). Comovement.
- [34] Paul, T. (1985). *Ondelletes et Mecanique Quantique*. Ph. D. Thesis, Universite de Marseille.
- [35] Pritchett, L. (2000). Understanding Patterns of Economic Growth. *Searching for Hills among Plateaus, Mountains, and Plains*.
- [36] R, D., & S, F. (1994). *Buku Ekonomi Pembangunan* . Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- [37] Ramsey, J., & Zhang, Z. (1997). The Analysis of Foreign Exchange Data Using Waveform Dictionaries. *Journal of Empirical Finance 4*, 341 - 372.
- [38] Ranta, M. (2010). Wavelet Multiresolution Analysis of Financial Time Series. (*Thesis*).
- [39] Rui A. Albuquerque, a. C. (2007). Economic News and International Stock Market Co-Movement. *Working Paper*.

- [40] Sukirno, S. (2015). *Teori Pengantar Makroekonomi*. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia: PT RAJAGRAFINDO PERSADA.
- [41] Tradingeconomics. (2016, Mei 16). *Industrial Production Index Metadata*. Diambil kembali dari tradingeconomics: <http://www.tradingeconomics.com/>.
- [42] The World Bank Group 2000. <http://www.worldbank.org/>.