



Received 21 June 2019  
Accepted 7 August 2019  
Published 23 August 2019

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v3i1.193

## Fungsi Densitas Peluang Temporal (T-PDF) dari Dinamika Euro terhadap Dolar Amerika Serikat

Triyana Muliawati <sup>\*a</sup>, Kartono <sup>b</sup>, Edi Cahyono <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Matematika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

<sup>b</sup> Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang 50275, Indonesia

<sup>c</sup> Matematika, Universitas Haluoleo, Kendari 93561, Indonesia

\*Corresponding email: [triyana.muliawati@ma.itera.ac.id](mailto:triyana.muliawati@ma.itera.ac.id)

**Abstract:** In this paper we discuss the dynamics of exchange rate of Euro (EUR) relative to United States dollar (USD). The data is observed from daily data in the period 1 January 2005 to 31 December 2012. In this period of global financial crisis which is affected the global economy. Therefore, an understanding of the exchange rate of EUR relative to USD is required. The Data is presented in the form of a diagram of a candlestick (candle). Statistical analysis on a mean of exchange rate of EUR relative to USD is applied to each monthly candle representation. The mean may vary per candle, which means that the mean as a function of time. A function of mean relative to time so commonly referred to as a moving average, or a trend. The continuous of a trend is approached with linear interpolation and polynomial interpolation is based on the mean of the candle every month. The mean and standard deviation of exchange rate of EUR relative to USD generates a probability density function (pdf). A pdf is based on the assumption that the dynamics is normally distributed. The mean is dependent on time is called temporal probability density function (t-pdf). The trend of the dynamics of exchange rate of EUR relative to USD is implicitly represented in the t-pdf. By knowing t-pdf will help investors know the dynamics of the exchange rate of the EUR against the USD.

**Keywords:** dynamics, exchange rate, candlestick, t-pdf

**Abstrak:** Penelitian ini membahas dinamika nilai tukar Euro (EUR) terhadap dolar Amerika Serikat (USD). Data yang diperhatikan berupa data harian pada periode 1 Januari 2005 sampai 31 Desember 2012. Pada periode ini terjadi krisis keuangan global yang berimbas pada perekonomian global. Oleh karena itu, pemahaman tentang nilai tukar EUR terhadap USD diperlukan. Data disajikan dalam bentuk diagram lilin (*candle*). Analisis statistik pada rata-rata nilai tukar EUR terhadap USD diterapkan pada setiap representasi *candle* bulanan. Rata-rata dapat bervariasi setiap *candle*, yang berarti bahwa rata-ratanya sebagai fungsi waktu. Fungsi rata-rata terhadap waktu demikian biasa disebut sebagai *moving average*, atau sebuah *trend*. *Trend* kontinu didekati dengan interpolasi linier dan interpolasi polinomial berdasarkan rata-rata dari *candle* setiap bulan. Rata-rata dan standar deviasi nilai tukar EUR terhadap USD menghasilkan fungsi densitas peluang (pdf). Pdf didasarkan pada asumsi bahwa dinamika terdistribusi secara normal. Rata-rata ini bergantung pada waktu yang disebut fungsi densitas peluang temporal (t-pdf). *Trend* dinamika nilai tukar EUR terhadap USD secara implisit terwakili dalam t-pdf. Dengan mengetahui t-pdf akan membantu para investor mengetahui dinamika nilai tukar EUR terhadap USD.

**Kata Kunci :** dinamika, nilai tukar, diagram lilin, t-pdf

### Pendahuluan

Dewasa ini terjadi pergeseran ekonomi yang nyata; dari ekonomi riil ke ekonomi keuangan. Hal ini ditunjukkan dengan makin banyak dan besarnya industri-industri keuangan yang ada dan besarnya presentase kontribusi industri-industri tersebut pada perekonomian. Saat ini perekonomian sedang mengalami krisis yang tengah

berlangsung di seluruh dunia. Krisis keuangan nasional suatu negara, regional maupun global tidak dapat dipisahkan dengan dinamika nilai tukar kurs, nilai tukar kurs selalu berubah terhadap waktu. Sebagai contoh krisis keuangan yang terjadi di Asia pada tahun 1997 – 1998 dan krisis ekonomi global Amerika Serikat (AS) pada tahun 2008. Krisis keuangan tersebut berimbas pada segala bidang



kehidupan. Efek krisis tersebut pun berimbas ke benua Eropa dan mempengaruhi kawasan ekonomi dunia lainnya. Hal ini dapat dilihat dengan gejolaknya nilai tukar mata uang asing seperti nilai tukar Euro (EUR) terhadap nilai tukar Dolar Amerika Serikat (USD). Oleh karena itu, dinamika nilai tukar kurs menjadi perhatian banyak ahli antara lain ekonom, matematikawan, dan fisikawan.

Nilai tukar didefinisikan sebagai nilai mata uang asing dilihat (diukur) dari mata uang domestik [1][2]. Beberapa studi tentang dinamika nilai tukar kurs dalam hubungannya dengan dinamika nilai tukar USD dengan kurs lokal untuk negara-negara Asia [3], pergerakan nilai tukar dipengaruhi secara signifikan oleh news [4] [5]. Pada saat krisis tahun 1997-1998 terjadi depresiasi [6] nilai tukar kurs lokal yang besar dan kembali normal pasca krisis hampir pada semua negara, kecuali Indonesia.

EUR merupakan salah satu alat pembayaran yang utama dalam perdagangan, khususnya perdagangan antara Eropa dan Amerika Serikat yang nilainya cukup besar. Perubahan nilai tukar mata uang EUR yang signifikan terhadap USD sangat berpengaruh pada perekonomian. Oleh karena itu, pemahaman tentang perubahan setiap saat atau dinamika nilai tukar EUR terhadap USD sangat diperlukan. Dinamika yang tidak terkontrol akan berpengaruh buruk pada perekonomian negara yang bersangkutan. Salah satunya, Efek interaksi antara nilai tukar dolar AS dan euro mempengaruhi pendapatan nasional Indonesia [7].

Pemodelan matematika dan metode statistika digunakan untuk meneliti dinamika nilai tukar EUR terhadap USD. Pada penelitian ini diperoleh data nilai tukar EUR terhadap USD yang diamati setiap hari (*daily data*) dari 1 Januari 2005 sampai 31 Desember 2012 yang disajikan dalam bentuk diagram lilin (*candlestick*) dan perilaku statistika (*statistical behavior*) dalam setiap diagram lilin maupun dalam keseluruhan dinamika. Analisis statistik pada rata-rata (*mean*) diterapkan pada setiap *candle* bulanan. Rata-rata dapat bervariasi pada setiap *candle*, yang berarti bahwa rata-rata bergantung pada waktu. Rata-rata yang bergantung pada waktu bertindak sebagai *trend* dinamika. Rata-rata menghasilkan fungsi densitas peluang (*pdf*), di mana *pdf* juga tergantung pada waktu disebut fungsi densitas peluang temporal (*temporal probability density function, t-pdf*) [8].

## Metode

### Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu harga *open*, *high*, *low*, *close*, dan *midpoint* dari nilai tukar harian yang didapat dari [www.oanda.com](http://www.oanda.com). Penelitian ini menggunakan data *midpoint* (titik tengah) yaitu data antara *bid* (tawaran) dan *ask* (meminta). Data yang digunakan adalah pergerakan data harian periode 1 Januari 2005 hingga 31 Desember 2012. Peneliti menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, Maple, dan SPSS untuk mempermudah analisis dan penyajian data dalam bentuk grafik.

### Variabel Penelitian

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Variabel	Definisi
1	<i>Open</i>	Harga pembukaan dalam perdagangan nilai tukar harian
2	<i>High</i>	Harga tertinggi dalam perdagangan nilai tukar harian
3	<i>Low</i>	Harga terendah dalam perdagangan nilai tukar harian
4	<i>Close</i>	Harga penutupan dalam perdagangan nilai tukar harian

### Bentuk Candlestick

*Candlestick* terdiri dari dua kata yaitu *candle* dan *stick*. *Candle* berarti lilin, sedangkan *stick* berarti batang. Sehingga arti *candlestick* adalah jenis grafik menyerupai batang lilin yang digunakan untuk melakukan analisa secara teknikal [9].

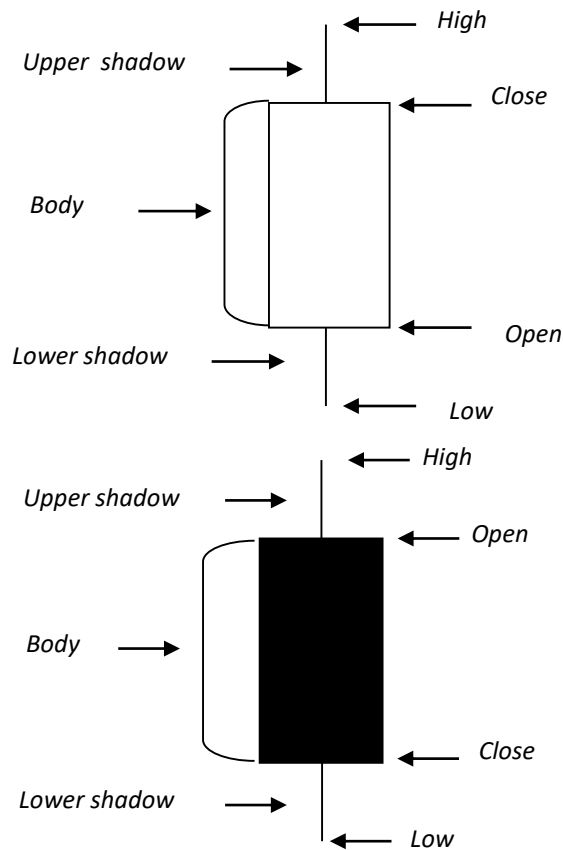
Analisis *candlestick* dapat dikatakan sebagai salah satu metode analisis teknikal tertua dalam menilai pergerakan nilai tukar. Analisis terhadap pergerakan nilai tukar atau pengamatan terhadap pergerakan nilai tukar yang terjadi detik demi detik, hari demi hari dalam jangka waktu tertentu dengan menggunakan data-data pergerakan masa lalu (*historical*) untuk menentukan ke mana arah pergerakan nilai tukar selanjutnya. Hal yang terpenting dari analisis teknikal adalah bagaimana analisis tersebut mampu mengenali *trend* sedini mungkin.

Untuk membuat grafik *candlestick*, diperlukan harga *open*, *high*, *low*, dan *close*.

Bagian-bagian dalam suatu *candlestick* yaitu:

1. *Body*, yaitu jarak antara nilai tukar *open* dan *close*
2. *Upper shadow*, yaitu garis yang menunjukkan posisi *high*
3. *Lower shadow*, yaitu garis yang menunjukkan posisi *low*

Contoh *candlestick* dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Bagian-bagian *White candlestick* dan *Black candlestick*

Dalam menganalisis suatu *candlestick*, ada 3 hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Warna dari *body*. Terdapat dua jenis warna *candlestick* yaitu *black candlestick* dan *white candlestick*.
  - a. *White candlestick*: apabila *close* lebih besar daripada *open*. Hal ini menunjukkan terjadinya kondisi eksekusi beli (*demand*).
  - b. *Black candlestick*: apabila *close* lebih kecil daripada *open*. Hal ini menunjukkan terjadinya kondisi eksekusi jual (*supply*).
2. Panjang dari *body*. Digunakan untuk menggambarkan seberapa kuatnya eksekusi *supply* atau *demand* yang terjadi. Semakin panjang sebuah *candlestick*, maka akan semakin kuat pula eksekusi *supply* atau *demand* yang terjadi. Sebaliknya, semakin pendek badan sebuah

*candlestick*, maka akan semakin lemah pula eksekusi *supply* atau *demand* yang terjadi.

3. Panjang dari ekor atau bayangan (*shadow*), jika *body candlestick* mencerminkan posisi kesetimbangan, maka *upper* dan *lower shadow* memberikan informasi tentang aksi tarik menarik antara penjual dan pembeli yang terjadi sepanjang sesi perdagangan.

**Rata-rata (mean)**

Diberikan data sampel random  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , dimana  $n$  adalah ukuran sampel. Rata-rata [10] hitung dari data sampel diberikan dengan

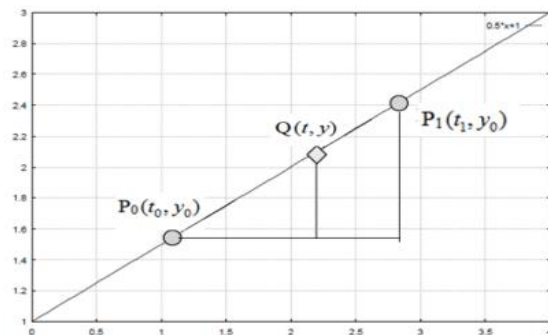
$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{1}$$

dengan:

- $\mu$  = rata-rata sampel
- $x_i$  = Data dari  $x_1$  sampai  $x_n$
- $n$  = Banyaknya data

**Interpolasi Linear**

Interpolasi linier adalah interpolasi dari dua titik dengan sebuah garis lurus [11]. Misal diberikan dua buah titik, titik  $P_0(t_0, y_0)$  dan titik  $P_1(t_1, y_0)$



Gambar 2. Kurva untuk interpolasi linier

maka polinom yang menginterpolasi dua titik tersebut adalah persamaan garis lurus berbentuk

$$y(t) = a_0 + a_1 t \tag{2}$$

Sebuah garis lurus yang menginterpolasi titik  $(t_0, y_0)$  dan  $(t_1, y_0)$ , maka koefisien  $a_1$  dan  $a_2$  dapat diperoleh

dengan substitusi dan eliminasi. Dengan mensubstitusikan  $(t_0, y_0)$  dan  $(t_1, y_1)$  diperoleh persamaan linier

$$y(t) = y_0 + \frac{(y_1 - y_0)}{(t_1 - t_0)}(t - t_0) \quad (3)$$

**Interpolasi Polinomial**

Interpolasi polinomial digunakan untuk mencari titik-titik antara dari  $n$  buah titik  $P_1(x_1, y_1), P_2(x_2, y_2), P_3(x_3, y_3), \dots, P_n(x_n, y_n)$  dengan menggunakan pendekatan fungsi polinomial pangkat  $n - 1$ :

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} \quad (4)$$

Algoritma interpolasi polinomialnya [12] adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan jumlah titik  $N$  yang diketahui
- b. Memasukkan titik-titik yang diketahui  $P_i = (x_i, y_i)$  untuk  $i = 1, 2, 3, \dots, N$
- c. Menyusun *augmented* matrik dari titik-titik yang diketahui sebagai berikut:

$$J = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^{n-1} & y_1 \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^{n-1} & y_2 \\ 1 & x_3 & x_3^2 & \dots & x_3^{n-1} & y_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^{n-1} & y_n \end{bmatrix}$$

- d. Menyelesaikan persamaan simultan dengan *augmented* matrik di atas dengan menggunakan metode eliminasi *gauss/Jordan*
- e. Menyusun koefisien fungsi polinomial berdasarkan persamaan simultan di atas
- f. Memasukkan nilai  $x$  dari titik yang diketahui  $a = \{a_i | a_i = J(i, n), 0 \leq i \leq n - 1\}$
- g. Menghitung nilai  $y$  dari fungsi polinomial yang dihasilkan

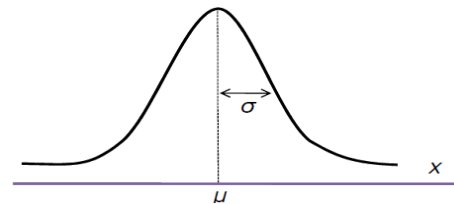
$$y = \sum_{i=0}^{N-1} a_i x^i$$

- h. Menampilkan titik  $(x, y)$ .

**Distribusi Normal**

Distribusi normal adalah distribusi yang paling penting diantara distribusi yang lain dalam teori aplikasi statistika [13]. Distribusi ini dikemukakan pertama kali oleh seorang

ahli matematika yang bernama *Karl Friedrich Gauss* pada abad 18 yang sering disebut dengan Distribusi Gauss. Kurva distribusi normal mempunyai bentuk setangkup seperti lonceng:



Gambar 3. Distribusi Normal

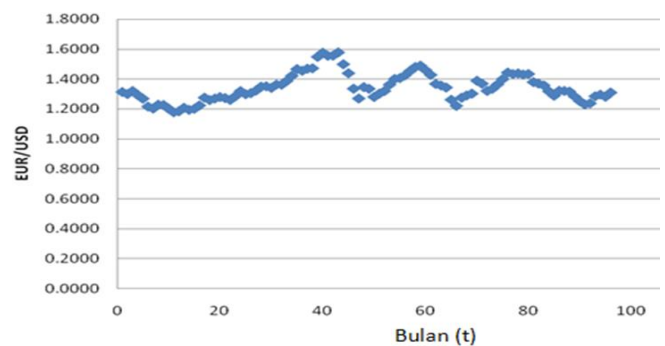
Fungsi densitas peluang (pdf) dari peubah acak normal  $X$ , dengan rata-rata (*mean*)  $\mu$  dan ragam (*variance*)  $\sigma^2$  adalah sebagai berikut:

$$n(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, -\infty < x < \infty \quad (5)$$

Persamaan distribusi normal kontinu bergantung pada dua parameter yaitu rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*). Cukup dengan mengetahui  $\mu$  dan  $\sigma$ , maka seluruh kurva normal dapat diketahui.

**Hasil dan Pembahasan**

**Gambaran Nilai Tukar Euro terhadap Dolar Amerika Serikat**



Gambar 4. Dinamika nilai tukar EUR terhadap USD dari tahun 2005 hingga 2012

Pada Gambar 4, titik-titik menunjukkan data nilai tukar EUR terhadap USD yang dicatat per bulan dari tahun 2005 sampai dengan 2012 yang menunjukkan hubungan atau relasi antara waktu (sumbu horisontal)

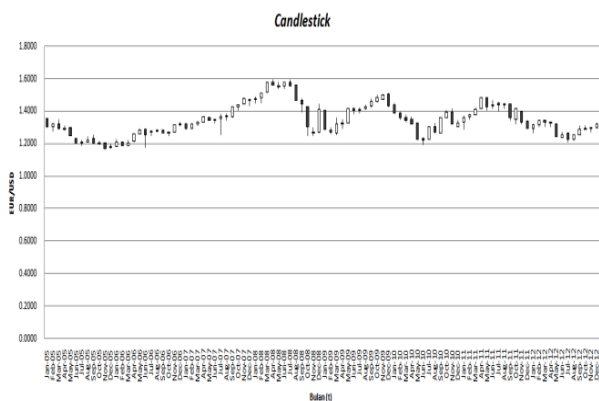
dengan nilai tukar EUR terhadap USD (sumbu vertikal). Relasi terhadap waktu ini disebut dinamika nilai tukar EUR terhadap USD. Dalam kasus ini relasi tersebut bersifat diskrit, diperoleh dari data hasil pencatatan dalam interval waktu bulanan. Pada pasar modal, interval waktu pencatatan ini dapat lebih pendek yaitu dalam hitungan menit, bahkan detik.

Dinamika suatu besaran (misalnya besaran temperatur, populasi ataupun nilai tukar EUR terhadap USD) merupakan relasi ataupun fungsi besaran tersebut terhadap waktu. Sifat dinamikanya dapat diasumsikan secara diskrit maupun kontinu, tergantung pada keperluan pembahasan. Dinamika ini dimodelkan dalam persamaan matematika, yang dapat juga dinyatakan sebagai relasi maupun fungsi matematika, yang merupakan solusi persamaan matematika.

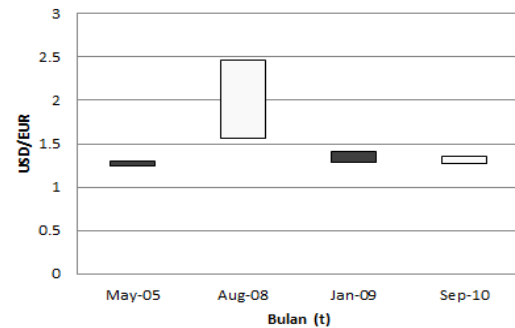
**Penyajian Data dalam Bentuk Candlestick**

Dalam penelitian ini, digunakan penyajian data dalam bentuk candlestick. Candlestick sering kali ditujukan untuk analisis jangka pendek. Candlestick dapat digunakan untuk kerangka waktu (time frame) satu hari, satu jam, 30 menit, dan seterusnya. Candlestick digunakan untuk menggambarkan tindakan nilai tukar dalam kurun waktu tertentu.

Data nilai tukar dinamika nilai tukar Euro terhadap Dolar Amerika Serikat adalah mulai 1 Januari 2005 sampai dengan 31 Desember 2012. Data ini akan disajikan dalam bentuk grafik candlestick yang sebelumnya telah dicari harga open, high, low, dan close. Penyajian ini diolah dari data harian. Setiap lilin menyatakan penyajian data dalam satu bulan. Hal ini ditujukan untuk mengetahui pola atau trend yang terjadi pada grafik candlestick tersebut.



Gambar 5. Candlestick EUR/USD, 1 Januari 2005 - 31 Desember 2012



Gambar 6. Pola Marubozu

Dari Gambar 5, terbentuk pola netral, artinya trend yang terjadi dari candlestick ini sulit diperkirakan, apakah kondisi trend naik (bullish) atau kondisi trend turun (bearish). Pola ini terbentuk karena pada bulan November 2008 ada body pendek (Open = 1.2967 dan Low = 1.2973) ditengah shadow yang tidak terlalu panjang (High = 1.2976 dan Low = 1.2996). Pasar perdagangan nilai tukar sedang berusaha melakukan konsolidasi, yaitu proses penguatan harga. Bila terjadi pola ini terus menerus, sebaiknya dilakukan trading jangka pendek atau wait and see.

Dari Gambar 6, Bulan Mei 2005 dan Januari 2009 terdapat pola black marubozu (tidak ada shadows, yang ada hanya body berwarna hitam). Hal ini berarti harga open sama dengan high dan harga close sama dengan low. Ini menunjukkan bahwa penjual mengendalikan harga seluruh sesi dan terjadi kelanjutan bearish. Bulan Agustus 2008 dan September 2010 merupakan pola white marubozu (tidak ada shadows, yang ada hanya body berwarna putih). Hal ini berarti harga open sama dengan low dan harga tutup sama dengan high. Ini menunjukkan bahwa pembeli yang memegang kendali seluruh sesi dan terjadi pembalikan bullish.

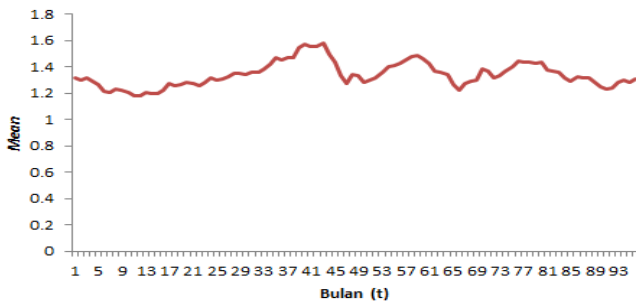
Pola candlestick pada Gambar 5 bulan Mei 2005 dan Juni 2005 memiliki jarak (gap). Gap terjadi bila harga membuat jarak dibandingkan penutupan sebelumnya. Singkatnya, harga melakukan kekontinuan lompat (jump discontinuity) dimana  $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$  dan  $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$  di  $x = a$  berbeda dengan  $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$  di  $a$ . Biasanya gap terjadi pada awal trading baru setelah pasar tutup, bila loncatan naik disebut gap up, sedangkan bila turun disebut

*gap down*. *Gap* yang terjadi pada nilai tukar EUR terhadap USD adalah *gap down*. Jenis *gap* pada *chart candlestick* nilai tukar EUR terhadap USD tersebut adalah *breakaway gap*. Biasanya *breakaway gap* terjadi setelah nilai tukar bergerak dalam fase konsolidasi (fase penguatan harga nilai tukar), ketika nilai tukar sedang tidak bergerak dalam *trend* tertentu dan berlutut dalam kisaran terbatas, artinya *breakaway gap* seiring dengan *gap* ini menyebabkan harga keluar dari konsolidasi dan membentuk sebuah *trend*. *Breakaway gap* adalah indikasi yang baik bahwa trend baru telah dimulai.

Data nilai tukar Euro terhadap Dolar Amerika Serikat berbentuk *time series*. Dalam representasi *candlestick*, untuk setiap *candle*, data diperlakukan sebagai data tetap, yang berarti bahwa data tidak lagi tergantung pada waktu dan diasumsikan terdistribusi secara normal berpusat pada *trend*. Oleh karena itu, dicari fungsi densitas peluang normal yang ditentukan oleh pusat (pada *trend*). Satu-satunya informasi untuk setiap *candle* adalah harga *open*, *close*, *high* dan *low*.

#### Penentuan Rata-rata (*mean*) pada Setiap *Candlestick*.

Untuk setiap *candlestick* dengan diketahui data harian nilai tukar EUR terhadap USD tiap bulan  $x_i$  sebagai tanggal ke- $i=1,2,\dots,n$  dan  $n$  sebagai banyaknya tanggal serta  $\mu$  sebagai rata-rata. Dengan menggunakan rumus (1) diperoleh hasil *mean* pada tiap *candlestick* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Mean pada tiap candlestick

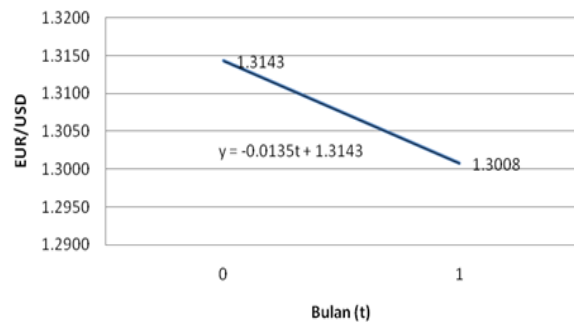
#### Formulasi Interpolasi Linear pada Rata-rata (*mean*)

Rata-rata bervariasi pada bulan Januari 2005 hingga Desember 2012 maka rata-rata bergantung pada waktu, karena tertarik dalam dinamika sepanjang waktu, diperkenalkan rata-rata temporal  $\mu(t)$ . Rata-rata temporal  $\mu(t)$  akan dihitung dengan menerapkan metode interpolasi linier dan interpolasi polinomial berdasarkan rata-rata hitung dari setiap *candlestick*.

Dihitung interpolasi linier rata-rata dimulai pada bulan (waktu) ke-0 yaitu Januari 2005 adalah  $t_0 = 0$  dan bulan ke-1 yaitu Februari 2005 adalah  $t_1 = 1$  dan seterusnya. Diketahui nilai rata-rata pada bulan Januari 2005,  $y_0 = 1.3143$  dan pada bulan Februari 2005,  $y_1 = 1.3008$ . Maka fungsi interpolasi liniernya dengan menggunakan rumus (3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(t) &= y_0 + \frac{(y_1 - y_0)}{t_1 - t_0}(t - t_0) \\ &= 1.3143 + \frac{(1.3008 - 1.3143)}{1 - 0}(t - 0) \\ &= 1.3143 - 0.0135t \end{aligned}$$

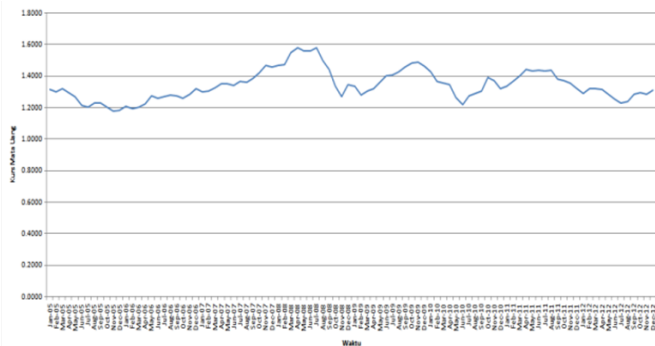
Jadi interpolasi linier rata-rata  $y(t) = 1.3143 - 0.0135t$  merupakan persamaan garis lurus yang melewati  $(0, 1.3143)$  dan  $(1, 1.3008)$ . Seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Interpolasi Linier EUR/USD Januari 2005 hingga Februari 2005

Pada Gambar 8 diketahui bahwa nilai tukar Euro terhadap Dolar Amerika Serikat mengalami penurunan (*bearish*) sebesar 0.0135.

Dengan cara yang sama, dapat dicari formulasi interpolasi linier rata-rata selanjutnya yaitu mulai dari Januari 2005 hingga Desember 2012 nilai tukar EUR terhadap USD. Untuk mempermudah pencarian formulasi digunakan perangkat lunak *Maple*, sehingga diperoleh hasil formulasi interpolasi linier nilai rata-rata EUR terhadap USD mulai Januari 2005 hingga Desember 2012 diinterpretasikan seperti grafik Gambar 9.



Gambar 9. Interpolasi linier rata-rata temporal ( $\mu(t)$ ) pada setiap candlestick

### Formulasi Interpolasi Polinomial pada Rata-rata (mean)

Formulasi interpolasi polinomial nilai tukar EUR/USD menggunakan algoritma interpolasi polinomial yang selanjutnya digunakan perangkat lunak *Maple*. Diperoleh hasil interpolasi polinomialnya memiliki orde 28 sehingga pada fungsi polinomial ini sudah mengikuti parameter statistiknya. *Trend* diperoleh dengan menerapkan rumus metode kuadrat terkecil (*Least Square Method*).

*Trend* diberikan dalam bentuk:

$$y(t) = \sum_{i=0}^{28} a_i t^i \quad (6)$$

dimana nilai koefisiennya adalah

$$a_0 = 1.3143$$

$$a_1 = 0.0305932084$$

$$a_2 = -0.6726555486$$

$$a_3 = 1.079942125$$

$$a_4 = -0.7420691109$$

$$a_5 = 0.2821208604$$

$$a_6 = -0.06560624136$$

$$a_7 = 0.009656322351$$

$$a_8 = -0.0008850914626$$

$$a_9 = 0.00004497787679$$

$$a_{10} = -0.5654721578 \times 10^{-6}$$

$$a_{11} = -0.6195119737 \times 10^{-7}$$

$$a_{12} = 0.2544516300 \times 10^{-8}$$

$$a_{13} = 0.3893306474 \times 10^{-10}$$

$$a_{14} = -0.3154336827 \times 10^{-11}$$

$$a_{15} = -0.2288806401 \times 10^{-13}$$

$$a_{16} = 0.1748658031 \times 10^{-14}$$

$$a_{17} = 0.3570602950 \times 10^{-16}$$

$$a_{18} = 0.9672756994 \times 10^{-18}$$

$$a_{19} = -0.4411943166 \times 10^{-19}$$

$$a_{20} = -0.1700604422 \times 10^{-20}$$

$$a_{21} = -0.1193670494 \times 10^{-21}$$

$$a_{22} = 0.4737627096 \times 10^{-23}$$

$$a_{23} = 0.1587404371 \times 10^{-24}$$

$$a_{24} = -0.12603591 \times 10^{-28}$$

$$a_{25} = -0.3759785023 \times 10^{-27}$$

$$a_{26} = 0.6213086373 \times 10^{-29}$$

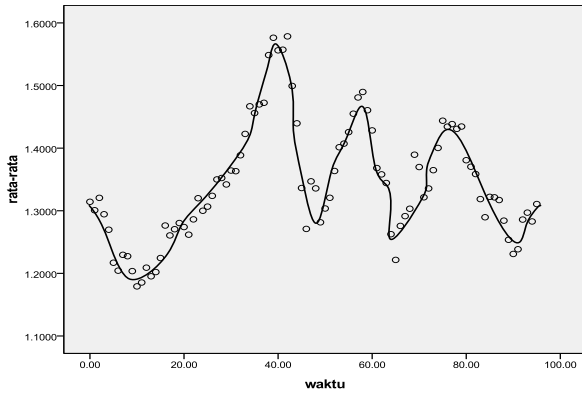
$$a_{27} = 0.8458612900 \times 10^{-31}$$

$$a_{28} = -0.1876386469 \times 10^{-32}$$

Sehingga hasil interpolasi polinomial sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(28) = & 1.3143 + 0.0305932084t - 0.6726555486t^2 + 1.079942125t^3 \\ & - 0.7420691109t^4 + 0.2821208604t^5 - 0.06560624136t^6 + 0.009656322351t^7 \\ & - 0.0008850914626t^8 + 0.00004497787679t^9 - 0.5654721578 \times 10^{-6}t^{10} \\ & - 0.6195119737 \times 10^{-7}t^{11} + 0.2544516300 \times 10^{-8}t^{12} + 0.3893306474 \times 10^{-10}t^{13} \\ & - 0.3154336827 \times 10^{-11}t^{14} - 0.2288806401 \times 10^{-13}t^{15} + 0.1748658031 \times 10^{-14}t^{16} \\ & + 0.3570602950 \times 10^{-16}t^{17} + 0.9672756994 \times 10^{-18}t^{18} - 0.4411943166 \times 10^{-19}t^{19} \\ & - 0.1700604422 \times 10^{-20}t^{20} - 0.1193670494 \times 10^{-21}t^{21} + 0.4737627096 \times 10^{-23}t^{22} \\ & + 0.1587404371 \times 10^{-24}t^{23} - 0.12603591 \times 10^{-28}t^{24} - 0.3759785023 \times 10^{-27}t^{25} \\ & + 0.6213086373 \times 10^{-29}t^{26} + 0.8458612900 \times 10^{-31}t^{27} - 0.1876386469 \times 10^{-32}t^{28} \end{aligned}$$

Hasil interpolasi polinomial tersebut dapat diinterpretasikan melalui Gambar 9.

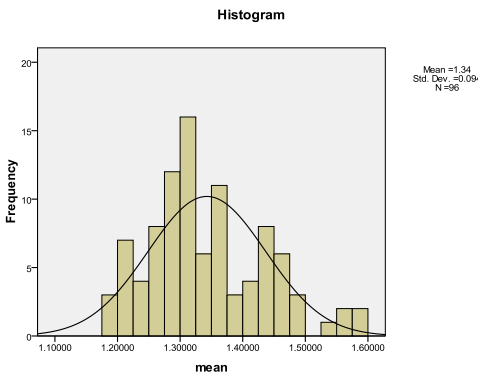


Gambar 10. Interpolasi polinomial pada setiap candlestick EUR/USD

Pada Gambar 10 titik-titik tersebut adalah data, sedangkan kurvanya adalah *trend*. Antara *trend* dengan data nilai tukar EUR terhadap USD memiliki pendekatan yang baik. Hal ini terlihat dari data yang mendekati *trend* yang berarti waktu ( $t$ ) mempunyai pengaruh besar terhadap nilai tukar EUR terhadap USD. Dalam interval [34,1.4668] atau tahun 2008 dan interval [65,1.2215] atau tahun 2010 data tidak dekat dengan *trend*. Hal ini terkait dengan krisis ekonomi global pada tahun 2008 dan krisis ekonomi Yunani pada tahun 2010.

**Analisis Distribusi Normal**

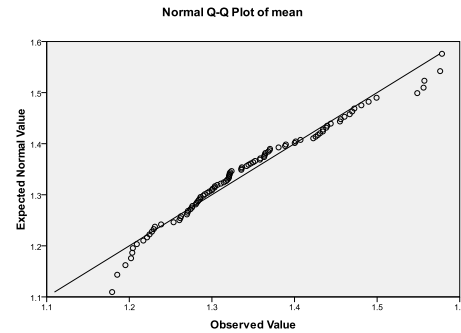
Diasumsikan bahwa semakin banyak data yang diambil maka akan semakin mendekati distribusi normal. Untuk itu, perlu diadakannya pengujian data berdistribusi normal. Kenormalan data rata-rata nilai tukar EUR terhadap USD mulai 1 Januari 2005 hingga 31 Desember 2012 dapat ditunjukkan melalui gambar berikut:



Gambar 11. Histogram dan Kurva Distribusi Normal Data Rata-rata EUR/USD

Dari Gambar 11, terlihat bahwa histogram data rata-rata berdistribusi normal. Hal ini terlihat dari sebaran data yang ditunjukkan oleh bentuk histogram yang cukup teratur dengan kurva normal.

Kenormalan data rata-rata juga dapat ditunjukkan dengan menggunakan plot normal Q-Q:



Gambar 12. Plot Normal Q-Q Data Rata-rata EUR/USD

Dari Gambar 12, terlihat bahwa sebaran data pada plot normal Q-Q rata-rata nilai tukar EUR terhadap USD berkumpul atau mendekati garis regresi dugaan. Sehingga data dapat dikatakan berdistribusi normal. Hal ini juga dapat dilihat berdasarkan hasil uji kenormalan data dengan Kolmogorov-Smirnov yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS sebagai berikut :

- Hipotesis :  $H_0$  : data berdistribusi normal
- :  $H_1$  : data tidak berdistribusi normal
- Tingkat signifikansi :  $\alpha = 0.05$
- Daerah kritis :  $H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha = 0.05$
- Statistic uji : Uji Kolmogorov-Smirnov

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa  $p\text{-value}$  rata-rata (Sig=0.285) > 0.05, maka dapat diambil kesimpulan bahwa data rata-rata berdistribusi normal.

**Interpretasi Dinamika Nilai Tukar EUR terhadap USD**

Dengan menerapkan rumus rata-rata, didapatkan nilai rata-rata pada setiap *candlestick* data saham dinamika nilai tukar EUR terhadap USD mulai 1 Januari 2005 sampai dengan 31 Desember 2012. Pada interpolasi linier dan interpolasi polinomial diketahui bahwa *trend* berdistribusi normal dan bertahan pada suatu *trend* dalam jangka waktu lama, memberikan gambaran bahwa nilai rata-rata bergantung terhadap waktu, sehingga disebut dengan rata-rata temporal  $\mu(t)$ . Rata-rata temporal sebagai fungsi waktu sering disebut *trend*.

Dari sudut pandang statistika, dinamika nilai tukar EUR terhadap USD dapat ditulis dalam bentuk fungsi densitas peluang normal (*pdf*)

$$n(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



Karena nilai rata-ratanya temporal  $\mu(t)$  sehingga mengakibatkan nilai simpangan bakunya juga temporal  $\sigma(t)$ . Hal ini menyebabkan fungsi densitas peluang normalnya temporal atau *temporal probability density function* (t-pdf) normal,

$$n(x; \mu(t), \sigma(t)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma(t)^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu(t)}{\sigma(t)}\right)^2} \quad (7)$$

Perhatikan bahwa untuk notasi matematika  $t$  adalah waktu (bulan), dan Januari 2005 adalah nol bertindak sebagai acuan waktu.

Kecenderungan (*trend*) dan solusi fundamental berupa fungsi densitas peluang (*probability density function, pdf*) berdistribusi normal dengan varians linier terhadap variabel waktu [14] menghasilkan apa yang disebut fungsi densitas peluang temporal (*temporal probability density function, t-pdf*). T-pdf adalah solusi mendasar dari persamaan difusi. Proses difusi yang terkait dengan dinamika nilai tukar adalah solusi fundamental persamaan difusi yaitu pada kasus perpindahan panas [15].

## Kesimpulan

Dinamika nilai tukar EUR terhadap USD dapat disajikan dalam bentuk *candlestick* yang membentuk pola netral artinya *trend* ini sulit diperkirakan, apakah kondisi *trend* naik (*bullish*) atau kondisi *trend* turun (*bearish*). Rata-rata nilai tukar EUR terhadap USD berdistribusi normal dan bertahan pada suatu *trend* dalam jangka waktu lama. Hal ini memberi gambaran bahwa nilai rata-rata bergantung terhadap waktu disebut dengan rata-rata temporal  $\mu(t)$  dan nilai simpangan baku temporal  $\sigma(t)$ . *Trend* yang merupakan rata-rata fungsi waktu ini menghasilkan apa yang disebut dengan fungsi densitas peluang *temporal* (*temporal probability density function, t-pdf*).

## Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa artikel tersebut tidak memiliki konflik kepentingan mengenai publikasi.

## References

- [1] Abimanyu, Y. 2004. Memahami kurs valuta asing. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [2] Blanchard, O. 2009. Macroeconomics (5th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [3] Ito, T dan Sato K. "Exchange Rate Change and Inflation in Post-Crisis Asian Economics: Vector Autoregression Analysis of Exchange Rate Pass-Through". Journal of Money, Credit and Banking, vol 4, no. 7, 1407-1437. 2008.
- [4] Ehrmann, M. and Fratzscher, M. "Exchange rates and fundamentals: New evidence from real-time data". European Central Bank Working Paper Series 365, 7-26. 2004.
- [5] Rasbin. "Pengaruh Variabel-variabel Fundamental Makroekonomi, Nonekonomi, dan News (Berita) terhadap Pergerakan Nilai Tukar Rupiah Periofe 2004-2014". Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik, Vol. 6, No.2, Desember 2015.
- [6] Krugman, Paul R. Obstfeld, Maurice. and Melitz, Marc J. 2012. International Economics : Theory and Policy. Ninth Edition. Boston : Pearson Education, Inc.
- [7] Saidi, L.O., M. Kamaluddin, Rostin, P.Adam, E. Cahyono. "The effect of the interaction between US dollar and euro exchange rates on Indonesia's national income". Jurnal WSEAS Transactions on Business and Economics, Vol. 12, 131-137, 2015.
- [8] Cahyono, E., Sarita B., Adam P., Arisanti F.P, "The Trend and Dynamics Distribution of The Jakarta Stock Exchange (JSX) Composite," International Journal of Economics and Finance Studies, vol 4, no. 2, pp. 1309-8055, 2012.
- [9] Hendarsih, I, "Analisis Perubahan Harga Saham dengan Menggunakan Grafik Candlestick," Jurnal Moneter, vol.3, no. 2, 2016.
- [10] Widiyoko, K, I. Setyawan, "Perbandingan Penggunaan Mean Lokal, Median Lokal dan Invarians Statistik Koefisien DCT dalam Perancangan Image Hashing", Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika, vol. 13, no. 2, pp. 205 – 212, Oktober 2014.
- [11] Lamabelawa, M. I. J., "Analisis Perhitungan Metode Interpolasi Pada Data Time Series Kemiskinan Di NTT", Jurnal HOAQ - Teknologi Informasi, vol. 8, no. 1, Mei 2018.
- [12] Rahmad, Abadul. "Penerapan Metode Interpolasi Polinom untuk Optimasi Tarif Produksi pada CV. Adinda Bordir Medan". Jurnal Informasi dan Teknologi, vol. 1, no. 3, 2016.
- [13] Muliawati, T., Dewi, S., "The Effects of Development Program in ITERA Dormitory for Student Learning Achievements in First Year Stage Course", Journal of Science and Applicative Technology, vol. 2, no. 1, pp. 40 - 46, Mei 2019.
- [14] Cahyono, E., Makkulau, L. O. Saidi, R. Raya, "A Relation of Temporal Probability," Journal of Nonlinear Analysis and Differential Equations, vol. 4, no. 7, pp. 343 - 352, 2016.
- [15] Cahyono, E., S.M. S. Abdullah, Y. Soeharyadi, L. Gubu, M. Kimsan, "Diffusion in a Temporally Shrinkable Medium", JP Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 15, No. 1, 125-135, 2018.