

PEMODELAN TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN DENGAN MENGUNAKAN *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* (STUDI KASUS WILAYAH MAKASSAR)

Miftafari Zakaria
Universitas Negeri Makassar
miftafarizakaria@gmail.com

***Pariabti Palloan**
Universitas Negeri Makassar
pariabti.p@unm.ac.id

Agus Susanto
Universitas Negeri Makassar
agus.susanto@unm.ac.id

Sulistiawaty
Universitas Negeri Makassar
sulistiawaty@unm.ac.id

Usman
Universitas Negeri Makassar
Usman7004@unm.ac.id

Abstrak - Penelitian berupa pemodelan terhadap temperatur udara permukaan di wilayah Makassar dari Juli 2016 sampai Desember 2019. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mengevaluasi temperatur udara permukaan di wilayah Makassar menggunakan metode *Geometric Brownian Motion* dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) serta membandingkan *trend* (kecendrungan) secara aktual dengan hasil prediksi temperatur udara. Adapun hasil berupa nilai ekspektasi, variansi, dan volatilitas secara berurutan untuk wilayah Paotere (0,000015), (0,000537), (0,023183), wilayah Parangtambung (0,000016), (0,000565), (0,023774), dan wilayah Sudiang (0,000016), (0,000565), (0,0237). Dari hasil analisis menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) diperoleh nilai untuk Paotere Ra1 4,90%, Ra2 5,65%, Ra3 4,34%, Parangtambung Ra1 4,23%, Ra2 3,42%, Ra3 5,03%, dan Sudiang Ra1 4,43%, Ra2 5,19%, Ra3 3,67%. Berdasarkan hasil perbandingan *trend* temperatur secara aktual dengan hasil prediksi menggunakan *Geometric Brownian Motion* maka pemodelan yang dilakukan dapat digunakan untuk memprediksi temperatur udara permukaan di wilayah Makassar.

Kata Kunci : *Geometric Brownian Motion*, Ekspektasi, Variansi, dan Volatilitas

*Penulis Korespondensi

Naskah diajukan
21 April 2022
Naskah direvisi
7 Agustus 2022
Naskah disetujui
11 Agustus 2022
Naskah dipublikasi
15 Agustus 2022

Abstract – Research has been carried out in the form of modeling the surface air temperature in the Makassar area within a certain time. This study aims to model the surface air temperature in the Makassar area using the *Geometric Brownian Motion* method, evaluate the surface air temperature modeling in the Makassar area using the MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) method, and compare the actual trend of surface air temperature in the Makassar area with the predictions of GBM. The results are in the form of expected values, variance, and volatility for the Paotere area 0.000015, 0.000537, 0.023183, Parangtambung area 0.000016, 0.000565, 0.023774, and Sudiang area 0.000016, 0.000565, 0.0237, respectively. From the results of the analysis using MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) obtained values for Paotere Ra1 4,90%, Ra2 5,65%, Ra3 4,34%, Parangtambung Ra1 4,23%, Ra2 3,42%, Ra3 5,03%, dan Sudiang Ra1 4,43%, Ra2 5,19%, Ra3 3,67%. Based on the results obtained, the modeling carried out can be used to predict the surface air temperature in the Makassar area.

Keywords : *Geometric Brownian Motion*, expected values, variance, and volatility.

A. PENDAHULUAN

Secara geografis, negara Indonesia dilalui oleh garis khatulistiwa, sehingga terpapar sinar matahari yang melimpah setiap saat dengan intensitas radiasi rata-rata sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ perhari (Octavianti, 2018). Matahari memegang peranan penting sebagai sumber energi yang potensial bagi bumi, dimana energi ini mampu merambat sampai ke permukaan bumi. Matahari memiliki radiasi energi elektromagnetik yaitu radiasi yang memiliki medan listrik dan medan magnet dengan panjang gelombang antara $0,15\text{-}3,0 \mu\text{m}$ (Rifai et al., 2014). Karena radiasi matahari merupakan radiasi energi elektromagnetik maka ini dapat merambat tanpa perantara dari matahari itu sendiri ke bumi, yang mana energi ini mengenai permukaan bumi sehingga berpotensi sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia (Hanggoro, 2011). Dalam kasus ini, tentunya matahari memberikan energi kehidupan bagi bumi, seperti pencahayaan, berperan dalam fotosintesis tanaman, dan tentunya cahaya matahari itu sendiri mempengaruhi temperatur udara.

Temperatur udara sangat berkaitan dengan kelembaban udara di suatu wilayah yang juga akan mempengaruhi cuaca (Rahim et al., n.d.) sehingga peramalan yang tepat akan temperatur udara sangat dibutuhkan. Pemanfaatan informasi temperatur udara tentunya akan meluas ke banyak aspek, mulai dari yang sederhana sampai ke hal yang rumit, begitu pula dalam skala kecil sampai ke skala yang lebih besar. Adanya perbedaan dari temperatur udara tiap waktu dapat dianalisis dan dijadikan data prediksi temperatur udara sebagai referensi untuk mempertimbangkan kegiatan atau kerja yang berhubungan dengan keadaan temperatur udara. Untuk itu diperlukan suatu pemodelan menggunakan *Geometric Brownian Motion* untuk memprediksikan temperatur udara di waktu yang akan datang berdasarkan data temperatur udara masa lalu.

Dengan adanya data temperatur udara matahari masa lalu dalam kurun waktu tertentu, maka dapat diperoleh nilai ekspektasi, varian, dan volatilitas dari data tersebut. Berdasarkan nilai tersebut, maka peneliti tertarik melakukan penelitian mengenai pemodelan temperatur udara permukaan. Penelitian ini berjudul “**Pemodelan Temperatur Udara Permukaan dengan menggunakan *Geometric Brownian Motion* (Studi Kasus Wilayah Makassar)**”. Penelitian ini akan membahas penerapan metode *Geometric Brownian Motion* (GBM) untuk memprediksi temperatur udara berdasarkan selisih temperatur udara sebelumnya di wilayah yang sama serta mengevaluasi nilai prediksi/peramalan menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

B. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif, yaitu suatu metode penelitian yang ditujukan untuk menggambarkan fenomena-fenomena yang ada, baik sementara berlangsung maupun saat yang lampau. Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan temperatur udara permukaan dan membandingkannya dengan data temperatur aktualnya. Penelitian dilakukan selama 6 bulan terhitung dari bulan Juli 2021– Desember 2021.

1. Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data adalah mengakses situs *ASA Power* (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) dengan mengambil 3 titik sampel yang mewakili wilayah Makassar yaitu titik Paotere (*Latitude: -5,112; Longitude: 119,5328*), titik Parangtambung (*Latitude: -5,1866; Longitude: 119,4332*), titik Sudiang (*Latitude: -5,0974; Longitude: 119,5328*) dari tahun 1998-2019.

2. Teknik Pengolahan Data

Mengumpulkan data temperatur yang akan digunakan dalam penelitian, kemudian menentukan data *in sample* dan *out sample* dari masing masing titik. Melakukan uji normalitas data perubahan *in sample* menggunakan uji Kolmogorov-smirnov menggunakan aplikasi SPSS. Nilai perubahan data temperatur permukaan *in sample* dihitung menggunakan *Microsoft excel*. Menghitung nilai ekspektasi (μ), variansi (σ^2), dan volatilitas (σ) data *in sample* untuk masing masing wilayah menggunakan *Microsoft excel*. Membuat pemodelan temperatur udara dengan metode *Geometric Brownian Motion* untuk masing masing wilayah dimana setiap wilayah dilakukan tiga kali pemodelan dengan menggunakan bilangan random yang berbeda. Menghitung eror prediksi temperatur udara permukaan dengan metode MAPE untuk semua hasil pemodelan menggunakan *microsoft excel*. Membandingkan hasil pemodelan temperatur dengan data *out sample*, kemudian menarik kesimpulan.

3. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif, yaitu dilakukan analisis data dengan cara mendeksripsikan data hasil prediksi dengan membandingkannya dengan data validasi/out sample.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada penelitian ini meliputi dua bagian, yaitu model dan grafik temperatur udara permukaan di wilayah Makassar menggunakan *Geometric Brownian Motion* Periode Juli 2016 - Desember 2019.

1. *Model temperatur udara permukaan wilayah Makassar menggunakan Geometric Brownian Motion*

Parameter dalam model temperatur Udara *Geometric Brownian Motion* meliputi nilai ekspektasi, variansi, dan nilai volatilitas. Adapun dalam penelitian ini, diambil sampel data dari tiga titik di wilayah Makassar yaitu Paotere, Parangtambung, dan Sudiang. Dari masing masing titik pengambilan data, dilakukan 3 kali pengolahan data dengan memanfaatkan penggunaan angka random. Pemodelan temperatur suhu permukaan dituliskan sebagai berikut

a. Paotere

$$\hat{S}(p_i) = \hat{S}(p_{i-1}) \exp\left(\left(0,000015 - \frac{0,0}{2}\right) + 0,000537 Z_{i-1}\right)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas yaitu *Geometric Brownian Motion* untuk memprediksi temperatur udara permukaan memperlihatkan karakter pemodelan yang ditunjukkan

dengan adanya nilai ekspektasi, variansi dan volatilitas. Wilayah Potere memiliki nilai ekspektasi (0,000015), nilai volatilitas (0,000537), dan variansi (0,023183).

b. Parangtambung

$$\hat{S}(p_i) = \hat{S}(p_{i-1}) \exp\left(\left(0,000016 - \frac{0,0}{2}\right) + 0,000565 Z_{i-1}\right)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas yaitu Geometric Brownian Motion untuk memprediksi temperatur udara permukaan memperlihatkan karakter dari pemodelan yang ditunjukkan dengan adanya nilai ekspektasi, variansi dan volatilitas. Wilayah Parangtambung memiliki nilai ekspektasi (0,000016), nilai volatilitas (0,000565), dan variansi (0,023774).

c. Sudiang

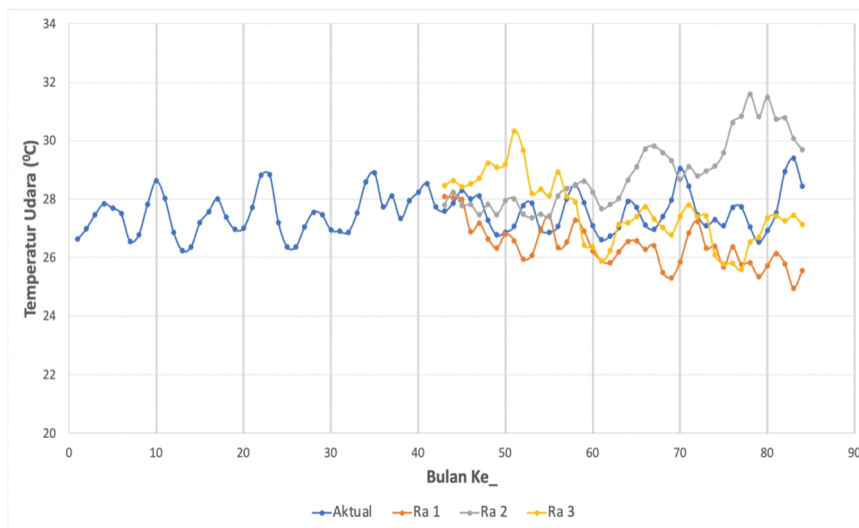
$$\hat{S}(p_i) = \hat{S}(p_{i-1}) \exp\left(\left(0,000016 - \frac{0,0}{2}\right) + 0,000565 Z_{i-1}\right)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas yaitu Geometric Brownian Motion untuk memprediksi temperatur udara permukaan memperlihatkan karakter dari pemodelan yang ditunjukkan dengan adanya nilai ekspektasi, variansi dan volatilitas. Wilayah Sudiang memiliki nilai ekspektasi (0,000016), nilai volatilitas (0,000565), dan variansi (0,0237).

2. **Grafik hasil pemodelan temperatur udara permukaan wilayah Makassar menggunakan Geometric Brownian Motion**

a. Paotere

Berdasarkan hasil pengolahan data suhu permukaan wilayah Paotere yang berjumlah 219 bulan (data) menggunakan metode gerak *Brownian motion*, maka diperoleh grafik pemodelan temperatur udara permukaan selama 42 bulan (Juli 2016 – Desember 2019) seperti gambar 4.1 berikut ini:



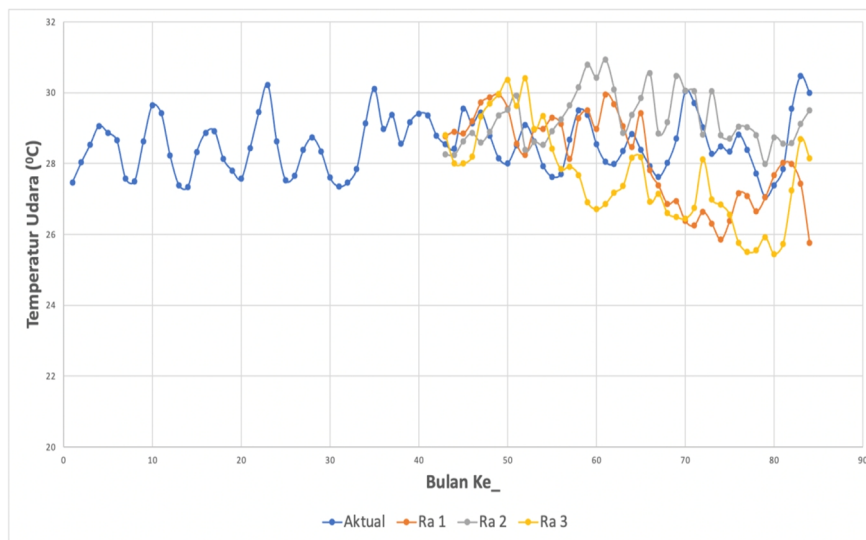
Gambar 1. Grafik Pemodelan gerak Brownian Motion wilayah Paotere

Pada grafik di atas menunjukkan adanya 4 jenis garis yang menggambarkan perubahan temperatur udara di daerah Paotere. Garis biru merupakan garis yang mewakili perubahan temperatur

udara yang sebenarnya, sedangkan garis jingga tua, abu abu, dan kuning berturut turut mewakili nilai temperatur udara hasil prediksi menggunakan gerak *Brownian motion* untuk kelompok bilangan random pertama, kedua, dan ketiga. Sumbu vertikal pada grafik merupakan angka ordinal yang mewakili bulan nama bulan (Januari-Desember), yang mana pada angka (1) bulan ke-1, ke-2, ke-3 berturut turut merupakan bulan Januari, Februari, dan Maret 2013. Sumbu horizontal pada grafik mewakili nilai temperatur udara permukaan yang dituliskan dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$).

b. *Parangtambung*

Berdasarkan hasil pengolahan data suhu permukaan wilayah Parangtambung yang berjumlah 219 bulan (data) menggunakan metode gerak *Brownian motion*, maka diperoleh grafik pemodelan temperatur udara permukaan selama 42 bulan (Juli 2016 – Desember 2019) seperti gambar 4.2 berikut ini:

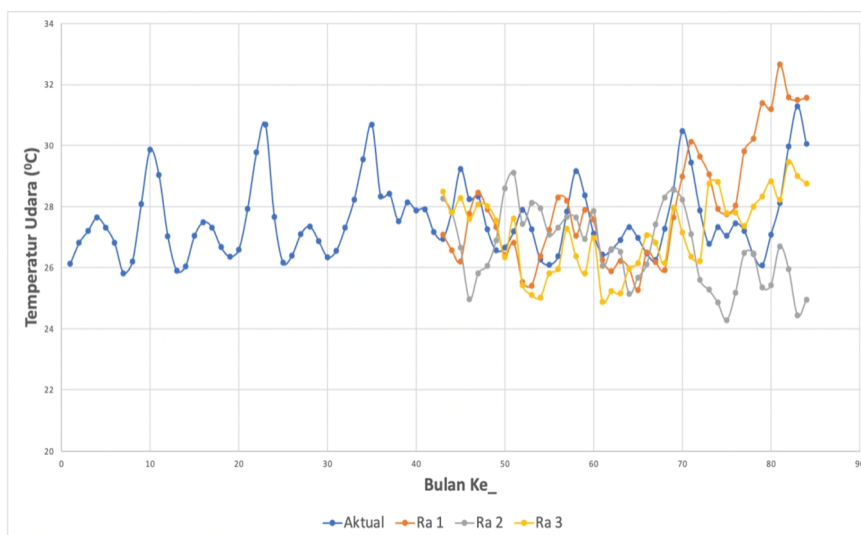


Gambar 2. Grafik Pemodelan gerak Brownian Motion wilayah Parangtambung

Pada grafik di atas menunjukkan adanya 4 jenis garis yang menggambarkan perubahan temperatur udara di daerah Parangtambung. Garis biru merupakan garis yang mewakili perubahan temperatur udara yang sebenarnya, sedangkan garis jingga tua, abu abu, dan kuning berturut turut mewakili nilai temperatur udara hasil prediksi menggunakan gerak *Brownian motion* untuk kelompok bilangan random pertama, kedua, dan ketiga. Sumbu vertikal pada grafik merupakan angka ordinal yang mewakili bulan nama bulan (Januari-Desember), yang mana pada angka (1) bulan ke-1, ke-2, ke-3 berturut turut merupakan bulan Januari, Februari, dan Maret 2013. Sumbu horizontal pada grafik mewakili nilai temperatur udara permukaan yang dituliskan dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$).

c. *Sudiang*

Berdasarkan hasil pengolahan data suhu permukaan wilayah Sudiang yang berjumlah 219 bulan (data) menggunakan metode gerak *Brownian motion*, maka diperoleh grafik pemodelan temperatur udara permukaan selama 42 bulan (Juli 2016 – Desember 2019) seperti gambar 4.3 berikut ini:



Gambar .3 Grafik Pemodelan gerak Brownian Motion wilayah Sudiang

Pada grafik di atas menunjukkan adanya 4 jenis garis yang menggambarkan perubahan temperatur udara di daerah Sudiang. Garis biru merupakan garis yang mewakili perubahan temperatur udara yang sebenarnya, sedangkan garis jingga tua, abu abu, dan kuning berturut turut mewakili nilai temperatur udara hasil prediksi menggunakan gerak *Brownian motion* untuk kelompok bilangan random pertama, kedua, dan ketiga. Sumbu vertikal pada grafik merupakan angka ordinal yang mewakili bulan nama bulan (Januari-Desember), yang mana pada angka (1) bulan ke-1, ke-2, ke-3 berturut turut merupakan bulan Januari, Februari, dan Maret 2013. Sumbu horizontal pada grafik mewakili nilai temperatur udara permukaan yang dituliskan dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$).

A. Pembahasan

1. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi nilai pemodelan dengan membandingkan hasil pemodelan temperatur udara dengan nilai yang sebenarnya sebagai berikut:

a. Paotere

1). Random 1

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Paotere dengan menggunakan kelompok bilangan random kedua didapatkan nilai MAPE sebesar 4,43%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik ($< 10\%$). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 15,07%, 11,02%, dan 10,88% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,11%, 0,26%, dan 0,68%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%).

2.) Random 2

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Paotere dengan menggunakan kelompok bilangan random kedua didapatkan nilai MAPE sebesar 5,19%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik ($<$

10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 16,98%, 16,83%, dan 16,21% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,07%, 0,71%, 0,76%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%).

3.) Random 3

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Paotere dengan menggunakan kelompok bilangan random kedua didapatkan nilai MAPE sebesar 3,67%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 12,08%, 8,67%, dan 8,63% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,18%, 0,32%, dan 0,33%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori sangat baik (< 10%) dan peramalan baik (11% - 20%).

b. Parangtambung

1). Random 1

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Parangtambung dengan menggunakan kelompok bilangan random kedua didapatkan nilai MAPE sebesar 4,23%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 14,10%, 12,18%, dan 11,61% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,04%, 0,18%, dan 0,21%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%).

2.) Random 2

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Parangtambung dengan menggunakan kelompok bilangan random kedua didapatkan nilai MAPE sebesar 3,42%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 10,27%, 9,38%, dan 7,50% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,03%, 0,10%, dan 0,35%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan sangat baik (< 10%).

3.) Random 3

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Parangtambung dengan menggunakan kelompok bilangan random ketiga didapatkan nilai MAPE sebesar 5,03%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 11,95%, 10,58%, dan

10,15% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,37%, 0,47%, dan 0,70%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%).

c. Sudiang

1). Random 1

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Sudiang dengan menggunakan kelompok bilangan random pertama didapatkan nilai MAPE sebesar 4,9 %, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 20%, 16,5%, dan 15,25 % serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,15%, 0,27%, dan 0,42%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%) dan batas wajar (21% - 50%).

2.) Random 2

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Sudiang dengan menggunakan kelompok bilangan random kedua didapatkan nilai MAPE sebesar 5,65%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 21,92%, 17,00%, dan 13,38% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,04%, 0,07%, dan 0,08%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%) dan batas wajar (21% - 50%).

3.) Random 3

Hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai temperatur udara di daerah Sudiang dengan menggunakan kelompok bilangan random ketiga didapatkan nilai MAPE sebesar 54,34%, dari hasil MAPE dapat disimpulkan bahwasanya akurasi dari peramalan termasuk dalam kategori sangat baik (< 10%). Adapun hasil lain yang dapat diperoleh yaitu beberapa nilai peresentase penyimpangan (kesalahan) terbesar antara data hasil pemodelan dengan data out sampel yaitu 10,95%, 10,46%, dan 9,60% serta beberapa penyimpangan terkecil yaitu 0,07%, 0,36%, dan 0,52%. Adanya beberapa penyimpangan yang nilainya cukup besar masih berada dalam kategori peramalan baik (11% - 20%).

2. Trend temperatur udara permukaan di wilayah Makassar

Hasil pemodelan dari masing masing wilayah di kota Makassar, dimana pada tiap wilayah dilakukan tiga kali pengolahan data menunjukkan adanya *trend* (kecendrungan) yang kuat, dimana *trend* yang kuat merupakan *trend* yang memiliki arah yang jelas dan batasan *support* ataupun *resistance* yang kuat (Ong Edianto, 2016). Adapun perbandingan pergerakan *trend* temperatur udara prediksi terhadap nilai temperatur aktual sebagai berikut:

a. Wilayah Paotere

Dari grafik gambar 1 memperlihatkan adanya beberapa *trend* naik dan turun yang terbentuk dalam kurun waktu 84 bulan untuk garis biru (nilai temperatur udara yang sebenarnya) serta 42 bulan untuk 3 garis yang mewakili hasil prediksi. Terlihat untuk garis berwarna jingga tua (prediksi random 1) memiliki banyak bentukan *trend* yang sama dengan nilai aktual. Bentukan *trend* naik dan turun terbentuk beriringan dimulai pada awal prediksi sampai pada pertengahan prediksi (bulan ke-63). Garis abu abu (random 2) menunjukkan adanya kesamaan *trend* hingga akhir prediksi, akan tetapi untuk nilai eror untuk keadaan tersebut cukup besar. Adapun garis kuning (random 3) memperlihatkan bergerak dalam area yang cukup kecil setelah melewati bulan ke-63, sehingga untuk *trend* tidak dapat menunjukkan kecocokan terhadap nilai vtemperatur aktual tetapi memberikan MAPE yang cukup kecil.

b. Wilayah Parangtambung

Dari grafik gambar 2 memperlihatkan adanya beberapa *trend* naik dan turun yang terbentuk dalam kurun waktu 84 bulan untuk garis biru (nilai temperatur udara yang sebenarnya) serta 42 bulan untuk 3 garis yang mewakili hasil prediksi. Terlihat untuk ketiga garis hasil prediksi bergerak dalam area yang sama dengan garis temperatur aktual, hanya saja dalam pembentukan *trend*, tidak ada yang dapat dikatakan beriringan dengan baik. Adapun untuk garis merah (random 1) untuk bulan ke-80 sampai ke-84 menunjukkan kesamaan *trend* tetapi memiliki eror yang cukup tinggi.

c. Wilayah Sudiang

Dari grafik gambar 3 memperlihatkan adanya beberapa *trend* naik dan turun yang terbentuk dalam kurun waktu 84 bulan untuk garis biru (nilai temperatur udara yang sebenarnya) serta 42 bulan untuk 3 garis yang mewakili hasil prediksi. Terlihat untuk garis berwarna jingga tua (prediksi random 1) memiliki banyak bentukan *trend* yang sama dengan nilai aktual. Bentukan *trend* naik dan turun terbentuk beriringan dimulai pada awal prediksi, bulan ke-43 yang menunjukkan garis biru membentuk *trend* naik, yang disusul terbentuknya *trend* naik pada hasil prediksi random 1. Hal ini berkelanjutan sampai pada akhir prediksi yang mana pada bulan ke-76 sampai bulan ke-81 terbentuk *trend* naik yang beriringan dan sangat kuat. Adapun untuk hasil prediksi random 2, memperlihatkan kurangnya kecocokan *trend*, seperti yang terjadi pada bulan ke-80 sampai ke-84 memperlihatkan adanya pembentukan *trend* naik untuk nilai temperatur aktual, sedangkan pada prediksi random 2 terdapat *trend* turun.

D. SIMPULAN

1. Dengan menggunakan metode *Geometric Brownian Motion* untuk memprediksi temperatur udara permukaan, diperoleh karakter dari masing-masing pemodelan yang ditunjukkan dengan adanya nilai ekspektasi, variansi dan volatilitas untuk masing masing wilayah. Wilayah Potere memiliki nilai ekspektasi (0,000015), nilai volatilitas (0,000537), dan variansi (0,023183). Wilayah Parangtambung memiliki nilai ekspektasi (0,000016), nilai volatilitas (0,000565), dan variansi (0,023774). Wilayah Sudiang memiliki nilai ekspektasi (0,000016), nilai volatilitas (0,000565), dan variansi (0,0237).
2. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) diperoleh nilai kesalahan sebagai berikut:
 - a. Paotere
Dengan nilai kesalahan Ra 1, Ra 2, dan Ra 3 berturut turut sebesar 4,90%, 5,65%, 4,34%. Hasil ini menunjukkan bahwa akurasi peramalan termasuk dalam kagori sangat baik (< 10%).
 - b. Parangtambung
Dengan nilai kesalahan Ra 1, Ra 2, dan Ra 3 berturut turut sebesar 4,23%, 3,42%, dan 5,03%. Hasil ini menunjukkan bahwa akurasi peramalan termasuk dalam kagori sangat baik (< 10%).
 - c. Sudiang
Dengan nilai kesalahan Ra 1, Ra 2, dan Ra 3 berturut turut sebesar 4,43%, 5,19%, dan 3,67%. Hasil ini menunjukkan bahwa akurasi peramalan termasuk dalam kagori sangat baik (< 10%).
3. Berdasarkan grafik pemodelan temperatur udara untuk masing masing wilayah menunjukkan adanya beberapa perbandingan yang memperlihatkan adanya kesamaan dan ketidaksamaan (kecendrungan nilai prediksi dengan kecendrungan nilai aktual) sebagai berikut: wilayah Paotere memiliki tingkat kesamaan *trend* yang baik tetapi memiliki eror yang cukup tinggi, wilayah Parangtambung memiliki tingkat kesamaan *trend* yang baik, dan untuk wilayah Sudiang memiliki kesamaan untuk beberapa trend serta bebrapa ketidaksamaan *trend*. Berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* yang diperoleh dan perbandingan antara trend actual dengan prediksi *Geometric Brownian Motion* maka pemodelan yang dilakukan bisa digunakan untuk memprediksikan temperatur udara permukaan di wilayah Makassar.

DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, S.N.Z. dan Jaffar, M.M. 2014. Forecasting Share Prices of Small Size Companies in Bursa Malaysia Using Geometric Brownian Motion. *Applied Mathematics and Information Sciences*. Vol 8 (1), 107-112.
- Alauddin, A. and Mustamin, T., 2019. Karakteristik Temperatur Udara Terhadap Kenyamanan Termal Di Masjid Agung Luwuk Banggai. *Jurnal Linears*, 2(2), pp.49-54.
- Anoraga, P. dan Pakarti, P. 2001. *Pengantar Pasar Modal*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Bain, L.J dan M. Engelhardt. 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics* California. Duxbury Press.
- Bain, L.J dan M. Engelhardt. 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics 2nd Edition*. California. Duxbury Press.
- Brigo *et al.* 2008. A Stochastic Processes Toolkit for Risk Management. *Journal of Risk Management in Financial Institutions*. Vol 1 (4), 5-13.
- Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Alih bahasa oleh Alex Tri
- Dmouj, A. 2006. *Stock Price Modelling : Theory and Practice*. Amsterdam : BMI Paper.
- Ginos, B.F. 2009. *Parameter Estimation for the Lognormal Distribution*. Provo : BYU Scholars Archive Citation.
- Hadi, N. 2013. *Pasar Modal; Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Keuangan Pasar Modal* .Edisi pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Hamdi, S. 2014. Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. *Berita Dirgantara*, 15 (1), 7-16.
- Hanggoro, W., 2011. Pengaruh Intensitas Radiasi Saat Gerhana Matahari Cincin Terhadap Beberapa Parameter Cuaca 12, 8.
- Hull, J.C. 2009. *Options, Futures, and Other Derivative Securities. Seventh Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Khoiri,<https://www.merdeka.com/jateng/cara-mengutip-dari-internet-dengan-benar-perlu-diketahui-kln.html>, diakses pada 23 Januari 2022.
- Kusdian, R.D., Ridwan, A.S., Tamin, O.Z., Syafruddin, A., n.d. PENGGUNAAN DISTRIBUSI NORMAL DALAM MEMODELKAN SEBARAN PERSEPSI BIAYA PERJALANAN DAN TRANSFORMASI BOX-MULLER PADA PENGAMBILAN SAMPEL ACAK MODEL PEMILIHAN RUTE DAN PEMBEBANAN STOKASTIK 5, 12.

- Lawrence, K. D., Klimberg R. K., dan Lawrence S. M. 2009. *Fundamentals of forecasting using excel*. Washington : Industrial Press Inc.
- Liou, K. N. 2002. *An Introduction to Atmospheric Radiation Second Edition*. London: Academic Press. *Management in Financial Institutions*. Vol 1 (4), 5-13.
- Maruddani, D.A.I. dan Purbowati, A. 2009. Pengukuran Value At Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Media Statistika*. Vol 2 (2), 93-104
- Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations. *SIAM Review*, Vol.43. (3). 525-546.
- Octavianti, A., 2018. Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar 6, 8.
- Pujiastuti, A., dan Harjoko, A. 2016. Sistem Perhitungan Lama Penyinaran Matahari dengan Metode Otsu Threshold. *Compiler*, 5 (2), 11-20.
- Rafi'i, S. 1995. *Meteorologi dan Klimatologi*. Bandung: Angkasa.
- Rahim, R., Martosenjoyo, T., Amin, S., Hiromi, R., n.d. Karakteristik Data Temperatur Udara dan Kenyamanan Termal di Makassar 4.
- Raisal, A. Y., Putraga, H., Hidayat, M., dan Hadi, R. 2020. Posisi Matahari saat Ekuinoks, Summer Solstice, dan Winter Solstice di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 7 (1), 35-41.
- Rifai, L. D., Tongkuyut, S. H. J., Raharjo, S. S. 2014. Analisis Intensitas Radiasi Matahari di Manado dan Maros. *Jurnal MIPA UNSRAT*, 3 (1), 49-52.
- Romero, S. A., Gonzalez, J.A., Calbo, J., dan Lorenzo, S. L. 2015. Using digital image processing to characterize the campbell–stokes sunshine recorder and to derive high-temporal resolution direct solar irradiance. *Atmospheric Measurement Techniques*, 8 (1), 183-194.
- Ruppert, D. 2011. *Statistics Data Analysis for Financial Engineering*. New York : Springer. Taylor, H.M. dan Karlin, S. 1998. *An Introducing to Stochastic Modeling. Third Edition*.
- Sanchez, A., Lorenzo, Calbo, J., Wild, M., Azorin, C., Molina, and Romero, A, S. 2013. New Insights into the History of the Campbell-Stokes Sunshine Recorder. *Weather*, 68 (12), 327-331.
- Scherrer, Philip dan Deborah. 2020. *Solstice and Equinox ("Suntrack") Model*. California: Stanford University.
- Smeets, P. C. J. P., Munneke, P. K., As, D. V., Broeke, M. R. V. D., Boot, W., Oerlemans, H., Snellen, H., Reijmer, C.H., dan Wal, R. S. W. V. D. 2018. The K-Transect in West Greenland: Automatic Weather Station Data (1993-2016). *Arctic, Antarctic, And Alpine Research*, 50 (1), 1-16.
- Sudiarta, I. W. 2013. *Pengantar Meteorologi*. Mataram: Program Studi Fisika Universitas Mataram.
- Tjasyono, B. 2012. *Meteorologi Indonesia 1 (Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer)*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

Utomo, Y. S. 2017. Prediksi Radiasi Surya Global Bulanan Kota Bandung Menggunakan Data LPM (Lama Penyinaran Matahari). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 7 (2), 21-27.

Wijaya, A. F. C. 2010. *Gerak Bumi dan Bulan*. Digital Learning Lesson Study: Jayapura.

Yuliatmaja, M.R. 2009. *Kajian Lama Penyinaran Matahari Dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Pergerakan Semu Matahari Saat Solstice di Semarang*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.