

# Application of Black Scholes Method in Determining Agricultural Insurance Premium Based On Climate Index Using Historical Burn Analysis Method

(Penerapan Metode Black Scholes Untuk Menentukan Premi Asuransi Pertanian Berdasarkan Indeks Iklim Menggunakan Metode *Historical Burn Analysis*)

Aminatus Sholiha<sup>\*)</sup>, Mohamat Fatekurohman, I Made Tirta  
*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember  
Jalan Kalimantan 37, Jember 68121*

## ABSTRACT

Climate index insurance is an insurance that provides reimbursement for losses due to decreased harvest rates or crop failures caused by weather. The use of Historical Burn Analysis (HBA) method in determining climate index based on rainfall resulted in a concept of the agricultural insurance payment in Pasuruan Regency. The application of The Black Scholes method in determining agricultural insurance premiums is obtained when rainfall more than 17 mm the premium is Rp 221,234. If the rainfall are  $13 \text{ mm} \geq RR < 17 \text{ mm}$ , the nominal premium paid by farmers to the insurance party is Rp 147,489. Respondents in the study were farmers who owned rice fields. Instrument quality testing (questionnaire) using validity test and reliability test using the help of SPSS statistical software. It can be concluded that the questionnaire is valid and reliable. Based on the results of the questionnaire, farmers considered that the nominal agricultural insurance premiums are in accordance with farmers' income.

**Keywords:** Black Scholes, Historical Burn Analysis, Premi, Pertanian.

\*)Corresponding author:  
Aminatus Sholihah  
E-mail: aminatussholiha2@gmail.com

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian memegang peranan yang krusial terhadap ketahanan pangan sebagai sumber mata pencaharian petani. Namun usaha dalam sektor pertanian ditinjau menjadi usaha yang mempunyai risiko tinggi terhadap kerugian. Berdasarkan output survei pertanian [1], usaha tani padi adalah usaha rumah tangga tanaman pangan nomor dua terbanyak di Indonesia sesudah rumah tangga peternakan. Iklim mempunyai peranan yang sangat penting terhadap sektor pertanian. Variasi cuaca dan iklim akan mengendalikan semua fase produksi juga tanah sebagai akibatnya dari peristiwa perubahan iklim. Fluktuasi cuaca dan iklim berdampak langsung terhadap fenomena kekeringan. Kekeringan menempati urutan pertama menjadi penyebab gagal panen yang menyebabkan akumulasi defisit atau hutang pada jumlah besar sebagai akibatnya

kebutuhan konsumsi keluarga petani dan kebutuhan investasi selanjutnya terancam tidak terpenuhi secara normal [2]. Salah satu upaya pemerintah dalam mengatasi hal tersebut adalah menciptakan program asuransi usaha tani padi berdasarkan pada batas klaim. Kelebihan berdasarkan asuransi menurut indeks meteorologi dibanding asuransi tradisional yaitu tidak perlu untuk penilaian kerusakan. Asuransi pertanian berbasis indeks iklim dilakukan lantaran tingginya korelasi antara peristiwa iklim dan hasil panen petani. Oleh karena itu, penelitian ini akan menentukan indeks iklim menggunakan metode *Historical Burn Analysis* (HBA).

Metode HBA adalah metode yang cukup disarankan untuk digunakan di wilayah-wilayah dengan keterbatasan informasi data parameter iklim [3]. Serta, perhitungan premi asuransi pertanian menggunakan metode Black Scholes dengan tipe opsi Eropa cash or nothing put [4]. Berdasarkan output

penelitian Gustyana [5] analisis perbandingan keakuratan harga call option menggunakan metode Black Scholes dan Monte Carlo dengan jangka waktu tempo dua bulan, dihasilkan metode Black Scholes lebih akurat dibandingkan menggunakan metode Monte Carlo. Asuransi indeks iklim berdasarkan curah hujan diperlukan untuk memberikan gambaran pola kejadian iklim ekstrim khususnya kekeringan sebagai suatu adaptasi petani menjaga stabilitas produksi padi [6]. Kabupaten pasuruan dipilih sebagai obyek pada penelitian ini dikarenakan potensi kekeringan yang dimilikinya relatif besar [7]. Kerusakan fisik lingkungan seperti pembabatan hutan, penanaman tumbuhan semusim tanpa usaha konservasi yang memadai mengakibatkan makin besarnya jumlah curah hujan yang ditransfer menjadi aliran permukaan.

## METODE PENELITIAN

Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah:

a. Pengumpulan data curah hujan harian dari 2014 hingga 2019 diperoleh data online dari BMKG serta data pelengkap berupa data produksi padi dan kejadian kekeringan di Kabupaten Pasuruan.

b. Tentukan indeks iklim, langkah-langkah untuk menentukan indeks iklim menggunakan metode

HBA yang dikembangkan oleh IRI Colombia University [8] adalah:

1. Memilih tahun dan periode yang akan diasuransikan (indeks window)
2. Menghitung curah hujan dasarian pada periode yang akan diasuransikan (indeks window)
3. Menghitung besarnya "Cap" dan curah hujan yang disesuaikan (adjusted rainfall total)
4. Menyusun adjusted rainfall total tahunan dari terbesar hingga terkecil, kemudian menentukan nilai Exit dan Trigger berdasarkan periode ulang kekeringan puso

c. Menghitung harga premi asuransi pertanian dalam penelitian ini menggunakan metode Black Scholes dengan mempertimbangkan nilai pertanggungsaan.

d. Penyebaran kuesioner kepada petani melalui Google Form untuk mengetahui apakah premi yang

dihasilkan sesuai dengan pendapatan petani. Pengujian kualitas instrumen (kuesioner) menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kuesioner Penelitian

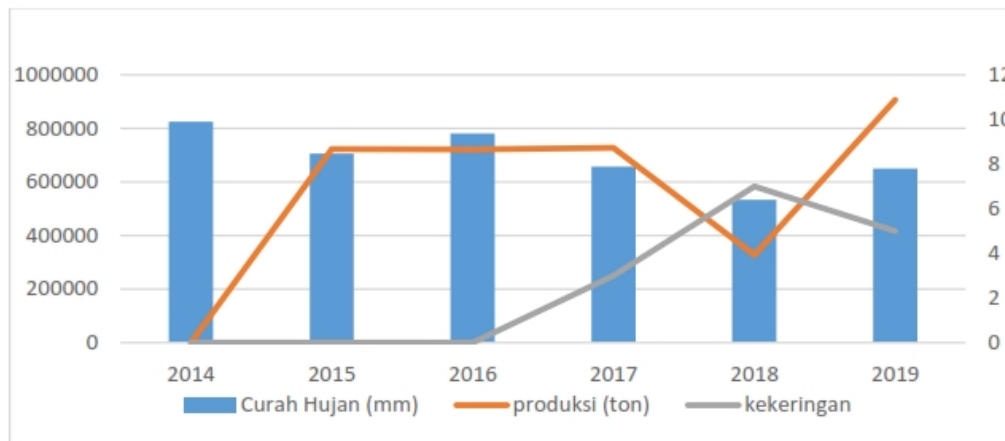
Informasi dikumpulkan dari responden dengan menggunakan kuesioner. Alat ukur yang digunakan dalam kuesioner ini menggunakan skala ordinal meliputi Sangat Murah = 5, Murah =

4, Sedang = 3, Mahal = 2, Sangat Mahal = 1. Pengujian kualitas instrumen (kuesioner) menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas. Uji validitas digunakan untuk mengukur valid tidaknya kuesioner. Selanjutnya, dilakukan uji reliabilitas digunakan untuk mengukur suatu kuisisioner dikatakan reliable atau handal jika jawaban seseorang terhadap pernyataan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu. Mengacu pada distribusi nilai rtabel didapatkan sebesar

0,361. Pengujian hasil kuisisioner dikatakan valid jika  $r_{hitung} > r_{tabel}$ , dengan signifikansi 5%. Dikatakan reliable jika nilai  $\alpha > r_{tabel}$ . Diperoleh nilai  $r_{hitung}$  sebesar 0,654 dan nilai  $\alpha$  sebesar 0,781. Sehingga disimpulkan bahwa hasil kuisisioner ini dikatakan valid dan reliable.

### Eksplorasi Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari data kuesioner yang diisi oleh petani. Data sekunder berupa data curah hujan harian dari tahun 2014 hingga 2019 di Kabupaten Pasuruan yang diperoleh dari data online BMKG pada laman <http://dataonline.bmkg.go.id/>. Data pelengkap berupa data produksi padi di Kabupaten Pasuruan yang diperoleh dari data online BPS pada laman <https://www.bps.go.id/> dan kejadian kekeringan di Kabupaten Pasuruan yang diperoleh dari data online Dinas Kominformo pada laman <https://www.pasuruankab.go.id/>. Data disajikan dalam bentuk grafik menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel 2016 yang bertujuan untuk memberikan gambaran umum data.



Gambar 1. Intensitas curah hujan, produksi padi dan kejadian kekeringan

**Penentuan Indeks Iklim**

Langkah-langkah penentuan indeks iklim ialah sebagai berikut;

a. Tahun dan periode yang akan diasuransikan (indeks window) pada penelitian ini adalah pada bulan April – Oktober (musim kemarau) tahun 2014-2019.

b. Curah hujan dasarian dihitung dengan menjumlahkan 10 hari pada periode yang diasuransikan (indeks window). Formula untuk menghitung curah hujan dasarian ialah sebagai berikut:

- bulan dekad ke-1 = SUM (hari 1: hari 10)
- bulan dekad ke-2 = SUM (hari 11: hari 20)
- bulan dekad ke-3 = SUM (hari 21: hari 30)

Penjumlahan curah hujan dekad ketiga untuk bulan dengan jumlah hari 28/ 29 hari dan 31 hari dilakukan pada hari 21 sampai dengan hari terakhir bulan tersebut.

c. Menghitung besarnya “cap” dan curah hujan yang telah disesuaikan (adjusted rainfall total). Cap merepresentasikan jumlah maksimum curah hujan yang dihitung untuk setiap periode 10 hari. Penentuan nilai “cap” berhubungan dengan nilai evapotranspirasi potensial.

Tabel 1. Nilai ETp rata-rata (mm/hari)

Region	Average Daily Temperature (oC)		
	Cold (~10°C)	Medium (~20°C)	Warm (>30°C)
Tropical and subtropical	2-3	3-5	5-7
- Moist and sub moist	2-4	4-6	6-8
- Dry and semi-dry			

Wilayah Kabupaten Pasuruan memiliki temperatur sebesar antara 240 – 320C. Berdasarkan pada tabel 1 maka nilai ETp rata-rata yang dipilih adalah 5 mm/hari sehingga nilai “cap” untuk 10 harian adalah

$$Cap_{dasarian} = 5 \text{ mm} \times 10 \text{ hari} = 50$$

Cap merepresentasikan jumlah maksimum curah hujan yang dihitung untuk setiap periode sepuluh hari. Nilai curah hujan yang telah disesuaikan pada masing-masing periode yang diasuransikan dihitung dengan cara dijumlahkan untuk setiap periode sepuluh hari. Setelah penyesuaian dibuat, total dari per sepuluh hari curah hujan kemudian ditambahkan untuk menghitung total curah hujan yang disesuaikan untuk seluruh indeks window.

Jumlah curah hujan dasarian setiap tahun =  $\sum$  Curah hujan yang telah disesuaikan setiap dekad

d. Menyusun curah hujan rata-rata yang telah disesuaikan setiap tahun dari terbesar hingga terkecil didapatkan.

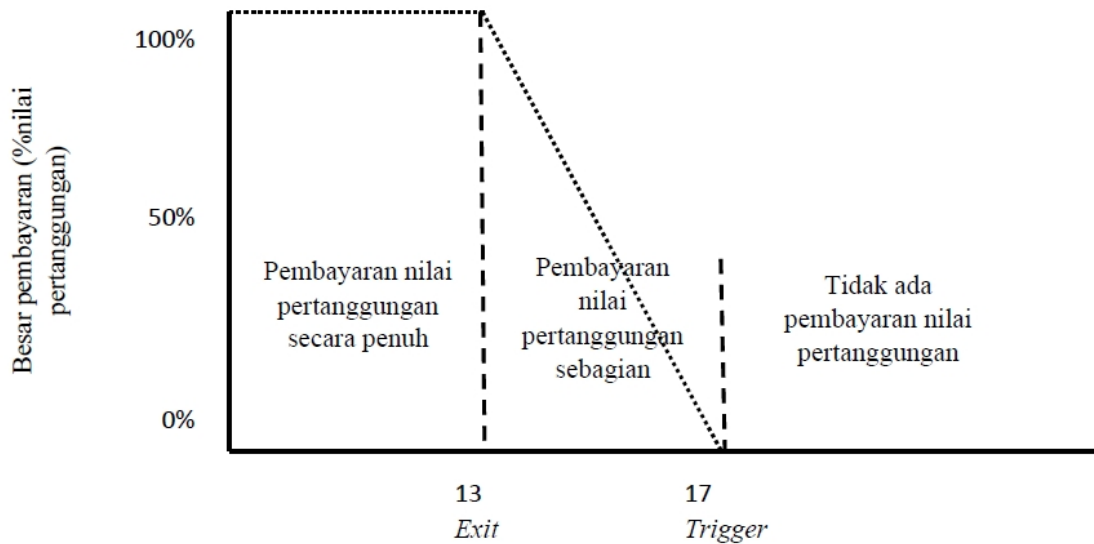
Tabel 2. Indeks Iklim Curah Hujan Tahunan

Tahun	Curah Hujan Rata-rata yang Telah Disesuaikan (mm)
2016	37,33
2014	28,31
2017	25,02
2015	19,91
2018	16,79
2019	13,4

Selanjutnya, menyusun nilai Exit dan Trigger berdasarkan periode ulang yang dipilih. Nilai Exit merupakan titik terendah dimana pembayaran sepenuhnya diberikan. Dalam penyusunan indeks dengan metode ini, Exit dirancang sehingga ada

pembayaran penuh untuk tahun terburuk selama periode data. Exit akan diatur sama dengan jumlah curah hujan pada tahun terburuk, maka nilai Exit sebesar 13,4 mm  $\approx$  13 mm. tetapi masih terdapat petani yang masih ragu untuk bergabung asuransi dikarenakan penghasilan yang didapatkan tidak

menentu sesuai kondisi iklimnya. Trigger merupakan titik dimana apabila jumlah rata-rata total curah hujan selama indeks window tidak lebih dari jumlah curah hujan tertinggi, maka nilai Trigger sebesar 16,79 mm  $\approx$  17 mm. Berikut merupakan konsep pembayaran asuransi indeks iklim untuk Kabupaten Pasuruan.



Gambar 2. Konsep Pembayaran Asuransi Indeks Iklim di Kabupaten Pasuruan

### Penentuan Nilai Pertanggungan

Penentuan nilai pertanggungan didasarkan pada biaya produksi beras meliputi biaya modal/Ha dan biaya operasional/Ha diperoleh dari data *online* Kementerian Pertanian Terpadu Modern 2019 pada laman <http://cybex.pertanian.go.id/>.

Tabel 3. Biaya Modal per Ha

No.	Keterangan	Harga (Rp)
1.	kebutuhan benih 20kg	200.000
2.	pupuk kandang 1000kg	1.000.000
3.	pupuk urea 200	360.000
4.	pupuk npk ponska 300	1.920.000
5.	Pestisida	250.000
Total		3.730.000

Tabel 4. Biaya Operasional per Ha

No.	Keterangan	Harga (Rp)
1.	Pengolahan lahan borongan	1.000.000
2.	Pencabutan bibit + penanaman 20 HOK	1.000.000
3.	Penyiangan + pemupukan ke-1 6 HOK	300.000
4.	Penyiangan + pemupukan ke-2 6 HOK	300.000

5.	Penyemprotan 4 HOK	200.000
6.	Panen dan pasca panen 12 HOK	600.000
7.	Biaya pengeringan 6 HOK	300.000
		3.700.000

Formula nilai pertanggungan = Biaya Modal + Biaya Operasional. Berdasarkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 diperoleh nilai pertanggungan sebesar Rp 7.430.000.

### Perhitungan Premi Asuransi Pertanian

Statistik deskriptif dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Statistik Deskriptif Indeks Iklim

Parameter	Nilai
Mean	23,46
Standard deviation	8,68
Minimum	13,40
Maximum	37,33

Selanjutnya dihitung premi asuransi pertanian menggunakan rumus dari metode Black Scholes. Suku bunga di Indonesia rata-rata sebesar 6,79% setiap tahunnya (2005-2020), suku bunga tertinggi sebesar 12,75% dan suku bunga terendah sebesar 3,75% yang diperoleh dari data online pada laman

<https://tradingeconomics.com/indonesia/interest-rate>. Diasumsikan  $r$  tiap tahun sebesar 12,75%, maka untuk  $r$  tiap masa tanam (3 bulan) sebesar 3%.  $R_0$  adalah nilai curah hujan terbaru (tahun 2019),  $H$  diperoleh dari nilai *Exit* dan *Trigger*,  $T$  adalah waktu jatuh tempo setiap 3 bulan sekali (diperoleh nilai  $T = 312 = 0,25$ ). Pertama, akan dihitung nilai  $d_2$  terlebih dahulu.

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{R_0}{H}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Untuk  $H = 16,79$ ,

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{916,3}{16,79}\right) + \left(0,03 - \frac{8,68^2}{2}\right)0,25}{8,68\sqrt{0,25}}$$

$$= 1,8433852357 \approx 1,84$$

Untuk  $H = 13,4$ ,

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{916,3}{13,4}\right) + \left(0,03 - \frac{8,68^2}{2}\right)0,25}{8,68\sqrt{0,25}}$$

$$= 2,0620015574 \approx 2,06$$

Setelah nilai dari  $d_2$  diperoleh, selanjutnya akan dicari nilai  $N(-d_2)$  dengan bantuan perintah *ORMSDIST* pada *software Microsoft Excel 2016* didapatkan

$$N(-1,84) = 0,03$$

$$N(-2,06) = 0,02$$

Selanjutnya, dihitung harga premi asuransi pertanian

$$Premi = P e^{-rT} N(-d_2) \quad (2)$$

Untuk  $N(-d_2) = 0,03$

$$Premi = Rp 7.430.000 \times e^{-0,03 \times 0,25} \times 0,03$$

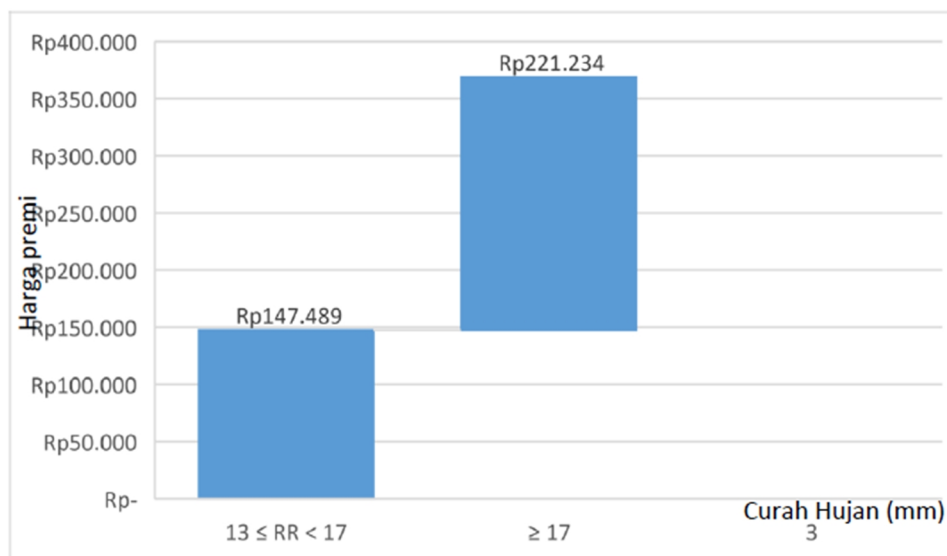
$$= Rp 221.234$$

Untuk  $N(-d_2) = 0,02$

$$Premi = Rp 7.430.000 \times e^{-0,03 \times 0,25} \times 0,02$$

$$= Rp 147.489$$

Diperoleh sebesar **Rp 221.234** dibayarkan ketika curah hujan sebesar  $\geq 17$  mm Apabila curah hujan sebesar  $13 \leq RR < 17$  mm maka nominal premi yang dibayarkan oleh petani kepada pihak asuransi sebesar **Rp 147.489**. Harga premi tersebut dibayarkan setiap musim tanam (3 bulan sekali). Berikut merupakan histogram premi sesuai intensitas curah hujannya.



Gambar 3. Harga Premi Sesuai Intensitas Curah Hujan

### Hasil Kuesioner

Berikut hasil dari penyebaran kuesioner;

a. Keseluruhan responden pada kuesioner adalah petani yang tidak pernah mengasuransikan

sawahnya. Karena belum ada sosialisasi oleh pihak asuransi atau pemerintah setempat sehingga petani tidak mengetahui terkait asuransi pertanian, serta

penghasilan yang didapatkan petani tidak menentu tergantung dari kondisi iklimnya

b. Pendapat petani padi mengenai nominal harga premi asuransi pertanian dianggap sangat murah sebanyak 15 orang, murah sebanyak 12 orang, dan sedang sebanyak 3 orang. Disimpulkan bahwa nominal harga premi tersebut sesuai dengan pendapatan petani.

c. Minat petani terhadap pihak asuransi pertanian dalam menetapkan nominal premi yang telah dihitung sebanyak sangat minat 11 orang, minat 18 orang, dan sedang (ragu-ragu) 1 orang.

## KESIMPULAN

Penggunaan metode Historical Burn Analysis (HBA) dalam menentukan indeks iklim berdasarkan curah hujan menghasilkan suatu konsep pembayaran asuransi pertanian di Kabupaten Pasuruan. Pada metode ini juga dihasilkan suatu nilai Exit sebesar 13 mm dan nilai Trigger yang dihasilkan sebesar 17 mm. Penerapan metode Black Scholes dalam menentukan premi asuransi pertanian diperoleh sebesar Rp 221.234 dibayarkan ketika curah hujan sebesar  $\geq 17$  mm Apabila curah hujan sebesar  $13 \text{ mm} \geq RR < 17$  mm, maka nominal premi yang dibayarkan oleh petani kepada pihak asuransi sebesar Rp 147.489. Harga premi tersebut dibayarkan setiap musim tanam (3 bulan sekali). Berdasarkan hasil kuesioner, petani menganggap nominal premi asuransi pertanian berdasarkan indeks iklim terbilang murah tetapi masih terdapat petani yang masih ragu untuk bergabung asuransi dikarenakan penghasilan yang didapatkan tidak menentu sesuai kondisi iklimnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2018. *Hasil Survey Pertanian Antar Sensus (SUTAS) 2018*. Badan Pusat Statistik: Tim SUTAS 2018.
- [2] Hadi, P.U., Saleh, C., Bagyo, A.S., Hendayana R., Marisa, Y., & Sadikin, I. 2000. *Studi kebutuhan asuransi pertanian pada pertanian rakyat*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat penelitian Sosial Ekonomi Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- [3] Sugiarto, Y., Estiningtyas, W., & Dewi, W.S. 2017. Analisis Indeks Iklim dengan Metode *Historical Burn Analysis* Untuk Adaptasi Perubahan Iklim (Studi

- Kasus di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur). *Jurnal Institut Pertanian Bogor*. Agromet 31(1): 1-10.
- [4] Black F. & Scholes, M. 1973. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*. 81(3): 637-654.
- [5] Gustyana T.T. & Dewi, A.S. 2017. Analisis Perbandingan Keakuratan Harga Call Option Dengan Menggunakan Metode Monte Carlo Simulation dan Metode Black Scholes Pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *Jurnal Manajemen Indonesia*. 14(3): 259.
- [6] Ariyanti, D., & Irianingsih, I. (2020). Application of *Historical Burn Analysis* Method in Determining Agricultural Premium Based on Climate Index Using Black Scholes Method. *Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika*. 4(1): 28–38.
- [7] Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Daerah Kabupaten Pasuruan*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Pasuruan.
- [8] International Research Institute (US) [IRI]. 2010. *Weather Index Insurance Education Tool (WIET)*. Colombia University.
- [9] Allen, R. G., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. Roma: FAO.