

PENERAPAN SOLUSI PERSAMAAN DIFERENSIAL PARSIAL BLACK SCHOLES UNTUK MENGHITUNG HARGA PREMI ASURANSI PERTANIAN BERDASARKAN INDEKS CURAH HUJAN DI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

Ahmad Fauzi

Program Studi Matematika, Fakultas Sains Institut Teknologi Sumatera,

e-mail : ahmad.121160058@student.itera.ac.id

Werry Febrianti*

Program Studi Matematika, Fakultas Sains Institut Teknologi Sumatera,

e-mail : werry.febrianti@ma.itera.ac.id

Abstrak

Asuransi pertanian indeks curah hujan menjadi solusi alternatif dalam rangka perlindungan terhadap sektor pertanian dari risiko gagal panen akibat kondisi cuaca buruk. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis besarnya premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan dengan menggunakan solusi persamaan diferensial parsial *Black-Scholes*. Penentuan indeks curah hujan dilakukan melalui analisis *Pearson Correlation*, dan diperoleh bahwa curah hujan bulan Januari memiliki nilai korelasi negatif kuat terhadap hasil produksi pertanian yaitu sebesar -0,846. Uji normalitas dilakukan terhadap data indeks curah hujan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Perhitungan premi asuransi dengan persamaan diferensial parsial *Black-Scholes* digunakan variabel-variabel yaitu nilai pertanggungan (P) sebesar Rp 8.000.000, rata-rata indeks curah hujan (S_0) sebesar 312,64 mm, *threshold* curah hujan kritis (F) sebesar 193.125 mm, suku bunga bebas risiko (r) sebesar 0,05 pertahun, waktu masa panen (t) 0,5 tahun, dan volatilitas data sebesar (σ) 0,298. Hasil perhitungan menunjukkan nilai (d_2) = 2,303, dengan distribusi kumulatif normal $N(-d_2) = 0,011$, sehingga premi asuransi yang diperoleh adalah sebesar Rp 83.080.

Kata Kunci: Premi Asuransi Pertanian, Persamaan Diferensial Parsial *Black-Scholes*, Indeks Curah Hujan, Korelasi *Pearson*, Uji Normalitas *Shapiro-Wilk*.

Abstract

Rainfall index agricultural insurance is an alternative solution to protect the agricultural sector from the risk of crop failure due to adverse weather conditions. This study aims to calculate and analyze the amount of rainfall index-based agricultural insurance premiums using the *Black-Scholes* partial differential equation solution. The rainfall index was determined through *Pearson Correlation* analysis, and it was found that January rainfall had a strong negative correlation with agricultural production, namely -0.846. A normality test was conducted on the rainfall index data using the *Shapiro-Wilk* method, which showed that the data was normally distributed. The calculation of insurance premiums using the *Black-Scholes* partial differential equation used the following variables: coverage value (P) of Rp 8,000,000, average rainfall index (S_0) of 312.64 mm, critical rainfall threshold (F) of 193.125 mm, risk-free interest rate (r) of 0.05 per year, harvest period (t) of 0.5 years, and data volatility (σ) of 0.298. The calculation results show that the value of (d_2) = 2.303, with a normal cumulative distribution $N(-d_2) = 0.011$, so the insurance premium obtained is Rp 83,080.

Keywords: Agricultural Insurance Premiums, *Black-Scholes* Partial Differential Equation, Rainfall Index Rainfall, *Pearson Correlation*, *Shapiro-Wilk* Normality Test.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan tulang punggung pembangunan nasional yang memainkan peran vital dalam menjaga ketahanan pangan dan perekonomian daerah. Namun demikian, sektor ini sangat rentan terhadap berbagai risiko, terutama risiko iklim seperti curah hujan yang tidak menentu. Perubahan pola curah hujan akibat pemanasan global menyebabkan ketidakpastian produksi pertanian yang berujung pada kerugian ekonomi signifikan, khususnya bagi petani kecil.

Kabupaten Lampung Selatan merupakan salah satu wilayah agraris yang rawan terdampak oleh ketidakpastian curah hujan. Peristiwa curah hujan ekstrem yang menyebabkan banjir maupun kekeringan telah beberapa kali menurunkan produktivitas pertanian, khususnya komoditas padi sebagai komoditas utama. Untuk menjamin kesinambungan produktivitas dan memberikan perlindungan bagi petani, dibutuhkan suatu instrumen pengelolaan risiko yang efektif. Salah satu instrumen yang dapat digunakan adalah asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan.

Berbeda dengan asuransi konvensional, skema asuransi indeks menggunakan indikator cuaca sebagai dasar pemberian klaim. Hal ini meminimalisasi biaya pengamatan lapangan dan mempercepat proses klaim. Namun, tantangan terbesar dari skema ini adalah penentuan premi yang adil dan sesuai dengan tingkat risiko. Oleh karena itu, dibutuhkan model matematis yang mampu mengakomodasi variabilitas cuaca dalam penetapan premi.

Model *Black-Scholes* merupakan salah satu pendekatan matematis yang terkenal dalam penilaian harga opsi di pasar keuangan. Model ini berbasis pada solusi persamaan diferensial parsial dan mempertimbangkan parameter seperti volatilitas, nilai ekspektasi, dan suku bunga bebas risiko. Beberapa penelitian terkini menunjukkan bahwa model ini dapat diadaptasi untuk menghitung premi asuransi pertanian berbasis indeks cuaca, khususnya curah hujan. Penelitian ini bertujuan menerapkan model Black-Scholes untuk menghitung premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan di Kabupaten Lampung Selatan. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan indeks curah hujan yang paling berpengaruh terhadap produktivitas padi menggunakan analisis korelasi Pearson.
2. Menguji distribusi data indeks curah hujan agar memenuhi asumsi normalitas model.
3. Menghitung volatilitas data curah hujan dan parameter lainnya untuk dimasukkan ke dalam model *Black-Scholes*.
4. Mengestimasi nilai premi dan menganalisis sensitivitasnya terhadap perubahan volatilitas.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan skema asuransi pertanian berbasis indeks yang lebih adil dan berbasis pada perhitungan matematis yang rasional. Selain itu, model ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pembuat kebijakan dan perusahaan asuransi dalam mengembangkan produk perlindungan pertanian di daerah rawan iklim ekstrem.

KAJIAN TEORI

Kajian teori pada penelitian ini meliputi beberapa konsep utama yang menjadi dasar dalam pengembangan model perhitungan premi asuransi berbasis indeks curah hujan. Pertama, konsep asuransi pertanian indeks curah hujan merupakan sistem perlindungan yang berbasis pada parameter iklim, khususnya curah hujan, sebagai acuan klaim. Sistem ini lebih efisien dalam proses klaim karena tidak memerlukan observasi langsung terhadap kerusakan di lapangan.

Kedua, digunakan analisis korelasi *Pearson* untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara curah hujan dan produktivitas pertanian. Korelasi *Pearson* sesuai digunakan pada data interval dan rasio yang terdistribusi normal, dan memberikan nilai antara -1 hingga 1 yang menunjukkan derajat kekuatan hubungan.

Ketiga, uji normalitas *Shapiro-Wilk* digunakan untuk menguji apakah data indeks curah hujan berdistribusi normal. Distribusi normal merupakan asumsi penting dalam penggunaan model *Black-Scholes*. Jika data tidak normal, maka transformasi atau metode lain diperlukan agar model tetap valid.

Keempat, konsep return dan volatilitas digunakan untuk mengukur tingkat ketidakpastian pada data

curah hujan. Return dihitung menggunakan log-return, dan volatilitas diperoleh dari simpangan baku log-return. Volatilitas menjadi parameter penting dalam model *Black-Scholes* karena menggambarkan risiko.

Kelima, inti dari kajian teori ini adalah model *Black-Scholes*, yang merupakan solusi dari persamaan diferensial parsial yang digunakan untuk menghitung harga opsi di pasar keuangan. Dalam konteks asuransi indeks, nilai premi diasumsikan sebagai nilai opsi jual (*put option*), di mana kompensasi diberikan jika indeks curah hujan jatuh di bawah ambang batas tertentu.

Persamaan diferensial parsial (PDP) *Black-Scholes* untuk premi opsi put dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} - rV = 0$$

dengan:

- V : harga opsi
- S : harga saham
- ∂V : perubahan harga opsi
- ∂t : perubahan waktu
- ∂S : perubahan harga saham
- r : suku bunga bebas risiko
- σ : volatilitas

Kemudian, dilakukan penurunan secara parsial oleh (Sidarto dkk., 2019) diperoleh solusi persamaan diferensial parsial *Black-Scholes* untuk opsi jual (*put option*) sebagai berikut:

$$P = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{F}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{F}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

Menurut (Togatorop, Di Asih & Tarno, 2022) nilai $N(-d_1)$ merupakan probabilitas sebenarnya jika curah hujan diatas *threshold*, maka untuk kondisi tersebut nilai $N(-d_1)$ dianggap 0. Maka diperoleh rumus perhitungan premi asuransi pertanian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$Premi = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2)$$

dengan:

- P : harga opsi *put*
- K : harga pertanggungan
- S_0 : harga saham saat ini
- F : *Threshold*
- t : waktu jatuh tempo

- T : waktu dalam satu tahun
- r : suku bunga bebas risiko
- σ : volatilitas
- $N(-d_1)$: fungsi densitas kumulatif distribusi normal d_1
- $N(-d_2)$: fungsi densitas kumulatif distribusi normal d_2

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, persamaan diferensial parsial *Black-Scholes* dapat diadaptasikan dalam asuransi pertanian pada Tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Kesamaan Variabel pada Premi Asuransi dengan Variabel pada PDP *Black-Scholes*

Variabel <i>Black-Scholes</i>	Variabel Premi Asuransi
Harga aset (S_0)	Indeks curah hujan
<i>Strike price</i> (F)	Curah hujan kritis
Waktu jatuh tempo (t)	Periode tanam (padi)
Volatilitas (σ)	Standar deviasi indeks
Suku bunga (r)	Diskonto asuransi
Payoff opsi	Klaim asuransi

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan rancangan deskriptif yang bertujuan untuk menghitung premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan menggunakan model *Black-Scholes*. Populasi penelitian ini adalah data curah hujan dan produksi padi di Kabupaten Lampung Selatan selama tahun 2018–2023, dengan sampel yang difokuskan pada data curah hujan bulan Januari karena menunjukkan korelasi paling signifikan terhadap produktivitas. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa curah hujan dari BMKG dan produksi padi dari BPS, serta data primer berupa biaya produksi melalui wawancara petani di Desa Sidomakmur, Kecamatan Way Panji. Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan *Google Colab (Python)*, untuk menghitung rata-rata, korelasi, log-return, distribusi normal, serta perhitungan premi menggunakan formula *Black-Scholes*. Langkah-langkah analisis meliputi: identifikasi indeks curah hujan dengan korelasi Pearson; uji normalitas *Shapiro-Wilk* terhadap indeks; penentuan nilai pertanggungan berdasarkan biaya produksi; perhitungan *threshold* dengan persentil ke-67; perhitungan volatilitas berdasarkan *log-return*; estimasi premi dengan

formula *Black-Scholes*; dan analisis sensitivitas terhadap perubahan volatilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa bulan Januari memiliki nilai korelasi tertinggi dan negatif dengan produktivitas padi ($r = -0,846$), menandakan bahwa curah hujan yang tinggi pada bulan ini berkorelasi kuat dengan penurunan hasil panen. Hal ini menguatkan asumsi bahwa bulan Januari merupakan periode kritis yang dapat dijadikan sebagai acuan indeks dalam skema asuransi berbasis cuaca. Uji normalitas *Shapiro-Wilk* yang menghasilkan p-value sebesar 0,358 mengindikasikan bahwa data curah hujan bulan Januari berdistribusi normal, sehingga layak digunakan dalam formulasi model *Black-Scholes* yang memerlukan asumsi distribusi normal terhadap data inputnya.

Tabel 2. Variabel Perhitungan Premi

Variabel	Nilai
Pertanggungan (P)	8.000.000
Suku bunga bebas risiko (r)	0,05
Waktu produksi (t)	0,5
Indeks rata-rata (S_0)	312,64
<i>Threshold</i> (F)	193,125
Volatilitas (σ)	0,298
$N(-d_2)$	0,011

Berdasarkan data curah hujan selama enam tahun (2018–2023), diperoleh rata-rata curah hujan sebesar 312,64 mm dan nilai ambang batas (*threshold*) sebesar 193,125 mm yang ditentukan berdasarkan persentil ke-67. Nilai pertanggungan ditentukan sebesar Rp8.000.000, berdasarkan hasil wawancara biaya produksi padi dari petani setempat. Selanjutnya, volatilitas indeks dihitung menggunakan metode log-return dan diperoleh nilai sebesar 0,298. Dengan suku bunga bebas risiko sebesar 5% per tahun dan waktu jatuh tempo kontrak selama 0,5 tahun, dihitung nilai d_2 sebesar 2,303 dan $N(-d_2)$ sebesar 0,011. Berdasarkan perhitungan formula *Black-Scholes* untuk opsi jual (put option), diperoleh nilai premi sebesar Rp83.080.

Untuk mengkaji sensitivitas model terhadap perubahan parameter, dilakukan analisis variasi volatilitas dari rendah ke volatilitas tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa premi meningkat

secara signifikan seiring dengan meningkatnya volatilitas curah hujan. Sebagai contoh, ketika volatilitas dinaikkan menjadi 40% nilai premi meningkat menjadi Rp385.931,00. Hal ini mencerminkan karakteristik utama dari model *Black-Scholes* yang memperhitungkan risiko ketidakpastian sebagai komponen utama dalam penentuan harga opsi, yang dalam konteks ini diterjemahkan sebagai premi asuransi. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi ketidakpastian iklim, maka semakin besar kompensasi premi yang dibutuhkan untuk menjamin petani dari potensi kerugian akibat curah hujan ekstrem. Dengan demikian, hasil ini menjawab rumusan masalah dalam penelitian, yaitu bagaimana menghitung premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan secara objektif dan berbasis data historis. Lebih lanjut, hasil ini sejalan dengan temuan dari (Togatorop et al. 2022) yang menyatakan bahwa model *Black-Scholes* adaptif terhadap perubahan parameter risiko, dan dapat digunakan dalam konteks asuransi pertanian indeks.

Dari sisi praktis, hasil ini memberikan implikasi penting bagi lembaga penyedia asuransi maupun pemerintah. Penentuan premi yang berbasis model matematis yang kuat akan meningkatkan kepercayaan petani terhadap skema asuransi, karena mekanisme premi lebih transparan, dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, dan dapat diperbaharui secara dinamis seiring perubahan iklim. Selain itu, hasil ini juga membuka peluang untuk dikembangkan menjadi sistem pendukung keputusan (*decision support system*) yang dapat digunakan oleh dinas pertanian dan asuransi dalam menetapkan premi tahunan berdasarkan fluktuasi cuaca. Dengan integrasi data historis dan model matematika, pendekatan ini lebih unggul dibanding pendekatan konvensional yang hanya berbasis estimasi subjektif. Secara keseluruhan, model *Black-Scholes* terbukti dapat digunakan secara efektif dalam skema penentuan premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan. Model ini tidak hanya memberikan pendekatan kuantitatif, tetapi juga memperluas aplikasi teori keuangan dalam sektor pertanian yang selama ini rentan terhadap risiko iklim.

PENUTUP

SIMPULAN

Berikut ini adalah kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian sebelumnya:

1. Berdasarkan hasil perhitungan pada bab sebelumnya, diperoleh bahwa nilai premi asuransi pertanian sebesar Rp83.080. Besarnya premi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu nilai pertanggungan sebesar Rp8.000.000, nilai rata-rata indeks curah hujan sebesar 312,64 mm dan nilai *threshold* atau ambang batas atas curah hujan sebesar 193,12 mm. Selain itu, volatilitas indeks curah hujan sebesar 0,298, suku bunga tahunan dan masa tanam selama setengah tahun juga turut berpengaruh pada hasil perhitungan premi.

2. Volatilitas curah hujan berpengaruh signifikan terhadap nilai premi, ketika semakin besar ketidakpastian curah hujan mengakibatkan peningkatan nilai premi asuransi sebagai bentuk kompensasi terhadap risiko yang lebih besar. menyajikan ringkasan dari uraian mengenai hasil dan pembahasan, mengacu pada tujuan penelitian. Berdasarkan kedua hal tersebut dikembangkan pokok-pokok pikiran baru yang merupakan esensi dari temuan penelitian.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis akan memberikan beberapa rekomendasi, yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada komoditas padi, sehingga disarankan agar penelitian selanjutnya mencakup komoditas pertanian lainnya, seperti jagung, bawang, dan cabai. Hal ini bertujuan untuk memperluas cakupan model asuransi terhadap berbagai jenis tanaman yang memiliki karakteristik risiko yang berbeda.
2. Pada penelitian ini penentuan harga premi masih menggunakan indeks tunggal berupa curah hujan, disarankan penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengintegrasikan indeks lainnya seperti kejadian hama dan penyakit tanaman guna menghasilkan estimasi premi yang lebih komprehensif..

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, G. D. (2023). Pemeriksaan uji kenormalan dengan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling dan Shapiro-Wilk. *Eigen Mathematics Journal*, *11*, 11-19.
- Destiani Mayasari, N. (2020). *Analisis penggunaan metode Black-Scholes dan Monte Carlo terhadap opsi jual beli saham di Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI)* [Tesis doctoral, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung].
- Dharmawan, K., & Widana, I. N. (2011). Aplikasi algoritma biseksi dan Newton-Raphson dalam menaksir nilai volatilitas implied. *Jurnal Matematika*, *2*(1), 1693-1394. <https://doi.org/xxxx>
- Gratia, E. (2023). Pembayaran ex gratia sebagai solusi pada klaim asuransi yang ditolak. *Jurnal Hukum Asuransi*, *15*(2), 45-60.
- Iriana, N., & Nasution, Y. N. (2020). Penentuan cadangan premi asuransi jiwa seumur hidup menggunakan metode Zillmer. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, *16*(2), 219-225.
- Kumaidi, & Manfaat, B. (2013). *Pengantar metode statistika: Teori dan terapannya dalam penelitian bidang pendidikan dan psikologi*. Eduvision.
- Lubis, M. R. D. (2024). Analisis penentuan nilai premi pada asuransi pertanian ditinjau berdasarkan perspektif keuangan syariah. *Mumtaz: Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam*, *3*(2), 77-88.
- Pebbyola, R., & Maimunnah, E. (2024). Analisis pendapatan petani padi di Kecamatan Candipuro akibat dampak fenomena El Niño 2023. *Economics and Digital Business Review*, *5*(2), 675-685.
- Polimango, A. S., Baruwadi, M. H., & Akib, F. H. Y. (2025). Diversifikasi pendapatan terhadap kerentanan kemiskinan pada rumah tangga petani padi. *Economic Reviews Journal*, *4*(1), 272-285.
- Putri, I. A. G. K., Dharmawan, K., & Tastrawati, N. K. T. (2017). Perhitungan harga premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan dengan metode Black-Scholes. *E-Jurnal Matematika*, *6*(2), 161-167.
- Rusdianingrum, A., & Budiyanto, B. (2015). Aplikasi penentuan harga opsi tipe Eropa dengan model Black-Scholes. *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen*, *4*(10), 1-15.
- Rusmayadi, G., Silamat, E., Abidin, Z., Anripa, N., Rubijantoro, S., & Sitopu, J. W. (2024). Analisis dampak perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman pangan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, *7*(3), 9488-9495.
- Sidarto, K. A., Syamsuddin, M., & Sumarti, N.

- (2019). *Matematika keuangan*. ITB Press.
- Siregar, H. D., Wassalwa, M., Janani, K., & Harahap, I. S. (2024). Analisis uji hipotesis penelitian perbandingan menggunakan statistik parametrik. *Al-Ittihadu*, *3*(1), 1-12.
- Suryana, A. (2014). Menuju ketahanan pangan Indonesia berkelanjutan 2025. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, *32*(2), 123-135.
- Syadean, D. F., Fadhilah, C. D., Wardati, M. A., Farida, A. Z., Dinaoktiani, F., & Maruddani, D. A. I. (2024). Pembentukan portofolio saham menggunakan mean-semivariance dan VaR Cornish-Fisher. *Prosiding Seminar Nasional Sains Data*, *4*, 1149-1157.
- Togatorop, R. F., Di Asih, I. M., & Tarno, T. (2022). Perhitungan premi asuransi pertanian komoditas cabai rawit berbasis indeks curah hujan. *Jurnal Gaussian*, *11*(1), 77-85.
- Vikarti, M. M., & Lestari, F. (2024). Perhitungan premi asuransi pertanian berbasis indeks iklim curah hujan dengan metode Black-Scholes. *Jurnal Lebesgue*, *6*(1), 461-472.
- Yustisia, T. V. (2014). *KUHD: Kitab Undang-undang Hukum Dagang*. VisiMedia.
- Zukhronah, E., & Sulandari, W. (2023). *Pemodelan volatilitas*. Deepublish.