

Original Article

e-ISSN: 2774-2016 - <https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/>
p-ISSN: 2774-2067



Received 24th February 2026
Accepted 24th April 2026
Published 30th April 2026

Open Access

DOI
<https://doi.org/10.35472/indojam.v6i1.2716>

Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan dengan Metode Simulasi *Stochastic Weather Generator* Menggunakan Distribusi Weibull

Giandito Iskandar^a, Dila Tirta Julianty^{a*}, Fuji Lestari^a, Elifas Hani Christien Sa^a, Nia Ahmadia Sumardi^a, Welson Tawan^a, Natalie Evangelista Sa^a, Debra Carol Lin G.N^a

^a Program Studi Aktuaria, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

* Koresponden E-mail: dila.julianty@at.itera.ac.id

Abstract: The agricultural sector is highly vulnerable to various risks that lead to significant financial losses, particularly in rice farming, which is susceptible to unstable rainfall patterns. Consequently, agricultural insurance is needed to protect farmers from losses due to reduced yields caused by these risks. The maximum amount covered by an insurance company, known as the indemnity, reflects the total loss experienced by farmers based on average rice production. In this study, the average rice production was calculated for the Central Java Province (2022-2023), with the estimated selling price determined using the Value at Risk (VaR) method, amounting to IDR7,401,647.28/ton. This research aims to determine the premiums farmers must pay by utilizing rainfall index values simulated through the Weibull Distribution and the Stochastic Weather Generator (SWG) method. The result indicate that for the rainfall trigger values ranging from 93.26 mm to 234.63 mm, the premiums range between 0.349% to 27.939% of the total indemnity, which is set at IDR41,375,333.65. the calculated premiums account for extreme conditions during periods of very high rainfall (234.63 mm), resulting in a maximum premium of IDR11,511,142. Conversely, for rainfall levels around 93.26 mm, the premium is valued at IDR143,567.5.

Keywords: Agriculture insurance, Weibull distribution, Indemnity, Stochastic Weather Generator, Value at Risk

Abstrak: Sektor pertanian rentan terhadap berbagai risiko sehingga mengalami kerugian, seperti pertanian padi yang rentan terhadap curah hujan yang tidak stabil. Oleh karena itu dibutuhkan asuransi pertanian yang dapat berperan melindungi petani dari kerugian akibat dari berkurangnya hasil panen yang disebabkan oleh berbagai macam risiko. Nilai maksimum yang ditanggung oleh perusahaan asuransi disebut dengan nilai pertanggungan (*indemnity*) mencerminkan total kerugian yang dialami oleh petani berdasarkan rata-rata hasil produksi padi. Rata-rata hasil produksi padi dihitung di Provinsi Jawa Tengah (2022-2023) dengan menggunakan perkiraan harga jual yang diperoleh dari metode *Value at Risk (VaR)* sebesar Rp7.401.647,28/ton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui premi yang harus dibayarkan oleh para petani dengan menggunakan simulasi nilai indeks curah hujan berdasarkan Distribusi Weibull dengan metode *Stochastic Weather Generator (SWG)*. Hasil penelitian ini untuk nilai curah hujan (*trigger*) antara 93,26 mm – 234,63 mm adalah nilai premi berkisar antara atau 0,349%-27,939% dari nilai pertanggungan yang sebesar Rp41.375.333,65. Nilai premi yang diperoleh mempertimbangkan kondisi ekstrem disaat curah hujan sangat tinggi (234,63 mm), sehingga menghasilkan premi yang mencapai Rp 11.511.142. Namun, nilai premi akan bernilai Rp 143.567,5 untuk curah hujan disekitar 93,26 mm.

Kata Kunci: Asuransi pertanian, Distribusi Weibull, Nilai Pertanggungan, Stochastic Weather Generator, Value at Risk

Pendahuluan

Indonesia adalah negara agraris dengan mayoritas penduduknya bekerja sebagai petani. Sehingga, sektor pertanian memiliki banyak peran terhadap



Original Article

negara, seperti menyediakan pangan, pendapatan, lapangan kerja, devisa, serta sumber investasi. Namun sektor ini juga memiliki risiko ketidakpastian (*uncertainty*) yang cukup tinggi dan harus ditanggung petani [1]. Pertanian Adalah kegiatan mengelola sumber daya alam hayati dengan bantuan teknologi, modal, tenaga kerja, dan manajemen untuk menghasilkan komoditas pertanian yang mencakup tanaman pangan, hortikultura, Perkebunan, dan peternakan dalam suatu ekosistem lingkungan [2]. Sektor pertanian sangat rawan mengalami kerugian. Cuaca buruk dan serangan hama penyakit adalah dua faktor utama yang menyebabkan kerugian dalam budidaya tanaman dan hewan ternak [1]. Petani menghadapi berbagai risiko seperti banjir, serangan hama, dan kekeringan. Risiko-risiko tersebut dapat menyebabkan kerugian petani sehingga mengurangi tingkat pendapatan ekonomi petani [3]. Untuk mencegah kerugian akibat gagal panen, pemerintah memberikan perlindungan kepada petani melalui beberapa cara.

Peran pemerintah dalam mewujudkan kesejahteraan petani dengan menyediakan asuransi pertanian. Hal ini berdasarkan pada Peraturan Kementerian Pertanian (Permenpan) No 40 Tahun 2015 tentang "Fasilitas Asuransi Pertanian". Peraturan tersebut menyebutkan bahwa negara memiliki kewajiban terhadap petani dengan memberikan perlindungan serta memberikan bantuan apabila terjadi risiko yang menyebabkan gagal panen [4]. Secara rinci, bantuan yang dimaksud pada Permentan No 40 Tahun 2015 dibuatkan petunjuk teknis tentang Pedoman Bantuan Premi Asuran Usaha Tani Padi Tahun Anggaran 2023. Petani yang mengalami gagal panen akibat risiko yang terjadi akan mendapat perlindungan dan bantuan dari pemerintah melalui kebijakan-kebijakan yang telah ditetapkan. Tujuan dari kebijakan-kebijakan tersebut berguna untuk meringankan beban petani ketika mengalami gagal panen. Salah satu strategi perlindungan bagi petani untuk menanggulangi kerugian yang diakibatkan oleh risiko- risiko sehingga terjadi gagal panen adalah asuransi pertanian. Asuransi pertanian adalah bentuk perlindungan finansial bagi petani, salah satunya petani padi melalui perjanjian antara petani dan perusahaan asuransi. Risiko usaha yang dapat dialami oleh petani padi adalah kerugian karena berkurangnya hasil panen (produksi).

Perkiraan total kerugian yang dialami oleh petani dapat dijadikan nilai maksimum yang ditanggung oleh perusahaan asuransi disebut dengan nilai pertanggungan (*indemnity*). Perhitungan nilai pertanggungan berdasarkan pada rata-rata-rata hasil produksi padi dihitung dengan menggunakan perkiraan harga jual yang diperoleh dari metode *value at risk*.

Asuransi pertanian merupakan salah satu instrument yang dapat digunakan untuk memberikan perlindungan terhadap risiko yang dihadapi petani [5]. Asuransi pertanian memiliki cakupan perlindungan yang luas, mulai dari model ganti rugi konvensional hingga berbasis indeks, yang mencakup subsektor asuransi peternakan, perkebunan, kehutanan, unggas, dan perikanan [6]. Asuransi pertanian dengan model ganti rugi konvensional memberikan kompensasi berdasarkan hasil penilaian kerugian riil di lapangan setelah terjadinya suatu bencana maupun risiko lainnya yang mengakibatkan petani mengalami kerugian secara finansial, namun model ini membutuhkan biaya administrasi yang tinggi dan risiko moral hazard [7]. Sebaliknya, asuransi pertanian berbasis indeks (*index based crop insurance*) tidak mengukur kerugian individu, melainkan menggunakan variabel objektif seperti curah hujan atau suhu pemicu (*trigger*) pembayaran klaim [8]. Asuransi pertanian berbasis indeks juga dikenal sebagai asuransi parametrik, yang memberikan perlindungan kepada petani berdasarkan suatu indeks setelah petani membayar premi [9]. Asuransi berbasis indeks mampu memitigasi risiko sistemik dengan cara memindahkan risiko fluktuasi variabel cuaca ekstrem ke pasar asuransi atau reasuransi secara lebih transparan. Mitigasi ini terjadi karena pembayaran klaim dilakukan secara otomatis apabila indeks disepakati tercapai, sehingga petani mendapatkan kepastian likuiditas segera setelah bencana terjadi tanpa perlu melalui proses verifikasi kerugian yang Panjang [10]. Dengan demikian, pendekatan ini mengurangi asimetri informasi dan memastikan keberlanjutan usaha tani melalui perlindungan terhadap volatilitas pendapatan akibat faktor alam [11]. Dalam penelitian ini, indeks yang akan diasuransikan berdasarkan indeks curah hujan. Curah hujan sangat penting bagi sektor pertanian. Curah hujan yang tidak menentu, baik terlalu banyak maupun terlalu sedikit, dapat memberikan dampak pada

hasil panen petani. Kondisi pertanian yang tidak stabil dapat mengakibatkan penurunan produksi tani secara signifikan. Asuransi pertanian dapat menjadi solusi bagi para petani dengan mengatasi risiko dan ketidakpastian dalam produksi pertanian [12].

Penelitian mengenai asuransi pertanian berbasis indeks telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti. Ira Fahira *et al.*, (2021) menghitung premi asuransi usaha tani padi berbasis indeks curah hujan di Kabupaten Lombok Barat menggunakan metode *Black Scholes*. Perhitungan nilai premi pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Ira Fahira *et al* dilakukan berdasarkan indeks curah hujan. Curah hujan yang semakin tinggi dapat mempengaruhi peningkatan pembayaran premi, maka semakin tinggi curah hujan, semakin besar premi yang harus dibayarkan. Hal ini berlaku untuk kisaran curah hujan antara persentil 15 hingga persentil 50 [13]. Selanjutnya Abubakar *et al.*, (2024) menentukan nilai premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan menggunakan metode *Burn Analysis (HBA)* di Kabupaten Bone. Berdasarkan hasil perhitungan nilai premi akan meningkat seiring dengan kenaikan nilai *trigger* yang telah dipilih. Hal ini menunjukkan bahwa indeks curah hujan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil panen [14]. Kedua penelitian tersebut menunjukkan pengaruh penggunaan nilai *trigger* dari indeks curah hujan terhadap premi asuransi pertanian. Pada penelitian ini akan ditentukan nilai *trigger* terlebih dahulu sebelum menghitung premi asuransi pertanian menggunakan persentil 25,50, dan 75.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model penentuan premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan pada komoditas padi di Jawa Tengah dengan pendekatan simulasi. Metode *stochastic weather generator* (SWG) dapat membuat simulasi data cuaca yang memiliki karakteristik statistik yang serupa dengan data yang diamati, seperti suhu, hujan, dan angin menggunakan algoritma komputer yang memanfaatkan dan mempelajari data meteorologi yang tersedia [15]. Simulasi data pada metode SWG diharapkan dapat memberikan estimasi nilai indeks curah hujan di masa mendatang, yang mana apabila hanya menggunakan metode HBA nilai yang

diperoleh hanya menggunakan persentil dari data historis tanpa melibatkan kemungkinan kejadian di masa depan. Langkah-langkah untuk melakukan simulasi *stochastic weather generator* dimulai dengan menentukan nilai probabilitas transisi dari data yang tersedia. Kemudian langkah selanjutnya, simulasi curah hujan dapat dilakukan menggunakan berbagai model distribusi probabilitas, seperti *generalized logistic*, *generalized extreme value*, campuran eksponensial, *lognormal*, *gamma*, *gumbel*, dan *Weibull*. Selanjutnya, nilai pertanggungan untuk pertanian dengan komoditas padi ditentukan, diikuti dengan penetapan harga nilai premi asuransi pertanian [16].

Pola curah hujan bulanan di masa depan dapat diperkirakan dengan memodelkan menggunakan probabilitas transisi berdasarkan pendekatan Rantai Markov. Metode ini dapat memprediksi kejadian di masa mendatang berdasarkan kondisi sebelumnya. Terdapat beberapa probabilitas transisi yang dapat dibentuk dari kombinasi 2 kondisi (*state*), seperti peluang terjadinya bulan basah setelah bulan kering dan sebaliknya, peluang terjadinya bulan kering setelah sebelumnya bulan kering, serta peluang terjadinya bulan basah yang sebelumnya bulan basah pula [17]. Pemodelan curah hujan pada simulasi *stochastic weather generator* menggunakan distribusi *weibull*. Distribusi *weibull* adalah salah satu model peluang yang efektif untuk digunakan dalam simulasi data curah hujan bulanan karena fleksibilitas parameter skala (*scale*) dan bentuk (*shape*) yang dimilikinya. Distribusi ini mampu mengakomodasi karakteristik data curah hujan yang umumnya bersifat asimetris (*skewed*) dan memiliki variabilitas yang tinggi, baik pada kondisi curah hujan rendah maupun ekstrem [18]. Parameter-parameter yang digunakan untuk indeks curah hujan perlu diketahui dalam menganalisis lebih lanjut sifat dan karakteristik data yang mengikuti distribusi *weibull* [19].

Metode

Asuransi pertanian sebagai alat manajemen risiko keuangan di mana petani membayar premi untuk mendapatkan perlindungan (*coverage*) terhadap kerugian produksi yang tidak terduga [6]. Prinsip nilai pertanggungan (*indemnity*) digunakan sebagai

Original Article

mekanisme untuk mengembalikan posisi keuangan tertanggung (petani) ke kondisi sesaat sebelum kerugian terjadi [20]. Estimasi kemungkinan nilai pertanggungan dihitung berdasarkan dari rata-rata hasil produksi tahunan pada suatu lahan pertanian. Apabila P merupakan peubah acak dari harga gabah yang berlaku dan diasumsikan berdistribusi Normal, α merupakan tingkat signifikansi, μ_p merupakan rata-rata harga gabah yang berlaku, dan σ_p merupakan standar deviasi dari harga yang berlaku, maka diperoleh [21]

$$Pr\left(Z \leq \frac{p - \mu_p}{\sigma_p}\right) = 1 - \alpha \quad (1)$$

dengan $Z = \frac{p - \mu_p}{\sigma_p}$. Selanjutnya, dapat ditentukan nilai p yang merupakan estimasi harga gabah yang berlaku dengan menggunakan persamaan berikut:

$$p = \mu_p + \sigma_p \Phi(1 - \alpha) \quad (2)$$

Misalkan Y merupakan peubah acak hasil produksi tani padi aktual, maka nilai pertanggungan maksimum (I) adalah [22]:

$$I = E[Y] \times p \quad (3)$$

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi yang dikembangkan dari distribusi eksponensial yang menggambarkan keseluruhan data secara jelas [23]. Karakteristik dari distribusi *Weibull* untuk dua parameter distribusi *Weibull* terdiri dari dua parameter, yaitu parameter k dan parameter λ , yang mana $k > 0$ dan $\lambda > 0$. Fungsi kepadatan peluang dari distribusi *Weibull* diberikan sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k\right) \quad (4)$$

Parameter-parameter dari distribusi *Weibull* dapat diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator*, dengan fungsi *likelihood* didefinisikan sebagai berikut [24]:

$$L(x; \lambda; k) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{k}{\lambda} \left(\frac{x_i}{\lambda}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{x_i}{\lambda}\right)^k\right) \right) \quad (5)$$

Selanjutnya, diberikan logaritma natural dari fungsi *likelihood* pada persamaan (5) adalah:

$$\ln(L(x; \lambda; k)) = n[\ln k - k \ln \lambda] + (k-1) \sum_{i=1}^n \ln x_i - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i^k}{\lambda^k}\right) \quad (6)$$

Pemodelan distribusi peluang menggunakan pendekatan distribusi *Weibull* tidak dapat memberikan informasi urutan kejadian curah hujan. Oleh karena itu, diperlukan rantai Markov untuk mendapatkan urutan kejadian berdasarkan peluang transisi dari kondisi waktu sebelumnya [25]. Rantai Markov merupakan suatu metode matematika yang digunakan dalam pemodelan berbagai sistem untuk memprediksi nilai-nilai dari suatu variabel di masa yang akan datang berdasarkan perubahan yang terjadi pada variabel tersebut sebelumnya. Prediksi kondisi di masa yang akan datang dengan menggunakan Rantai Markov merupakan proses stokastik yang disusun berdasarkan 3 batasan, antara lain prosesnya diskrit terhadap waktu, harus memiliki kondisi (*state*) yang dapat dihitung, serta proses tersebut harus memenuhi properti Markov [26]. Suatu proses memenuhi properti Markov distribusi probabilitas di masa mendatang hanya bergantung pada kondisi saat ini (*current state*) dan bersifat independen terhadap riwayat atau kondisi di masa lalu (*past states*) [27]. Simulasi *Stochastic Weather Generator* menghasilkan data runtun waktu suatu kondisi cuaca jangka panjang untuk suatu lokasi berdasarkan karakteristik statistik data cuaca yang diobservasi pada lokasi tersebut [28]. Kondisi cuaca seringkali dilihat dari curah hujan harian di suatu lokasi tertentu. Estimasi curah hujan mempertimbangkan kondisi basah dan kering dalam suatu waktu tertentu menggunakan proses Markov. Misalkan p_{ij} menyatakan peluang transisi dari *state* i ke *state* j , perubahan *state* dari i ke j dinotasikan dengan t_{ij} , dan $i, j = 0, 1, \dots, n$, maka

$$p_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{j=1}^n t_{ij}} \quad (7)$$

Selanjutnya, matriks peluang transisi satu langkah dapat dibentuk dengan menggunakan nilai peluang transisi dari *state* i ke *state* j untuk semua *state* sebagai berikut [27]:

$$P = \begin{bmatrix} p_{00} & \cdots & p_{0j} & \cdots & p_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{i0} & \ddots & p_{ij} & \ddots & p_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n0} & \cdots & p_{nj} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan dapat ditentukan menggunakan metode *Black-Scholes* karena memiliki kesamaan seperti harga opsi [29]. Nilai premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan memiliki nilai pertanggungan yang akan dibayarkan kepada pemegang polis, dalam hal ini petani, karena adanya perubahan curah hujan. Apabila K menyatakan nilai *trigger* curah hujan, S_0 menyatakan realisasi curah hujan, maka nilai pertanggungan berdasarkan konsep opsi jual (γ) pada asuransi pertanian adalah:

$$\gamma = \begin{cases} I & , S_0 < K \\ 0 & , \text{lainnya} \end{cases} \quad (9)$$

Nilai *trigger* ditentukan berdasarkan pada persentil tertentu dari data curah hujan untuk mendapatkan representasi dari kondisi ekstrem [30]. Curah hujan diasumsikan berdistribusi lognormal, sedangkan perubahan curah hujan berdistribusi normal, maka dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (10)$$

Oleh karena itu didapat premi asuransi dengan opsi *put cash-or-nothing* berdasarkan persamaan berikut [29]:

$$\text{Premi} = \gamma e^{-rt} \Phi(-d_2) \quad (11)$$

Perhitungan premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan dihitung dengan menentukan nilai dari distribusi kumulatif d_2 menggunakan fungsi distribusi Normal.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan tujuan untuk menentukan nilai premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan dengan metode simulasi *Stochastic Weather Generator* menggunakan distribusi Weibull. Data

yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah. Data yang dikumpulkan merupakan data bulanan curah hujan dan produksi padi di Provinsi Jawa Tengah yang tercatat dari tahun 2022 hingga 2023.

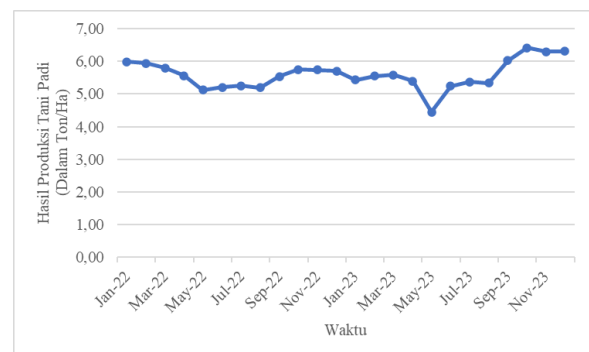
Hasil dan Diskusi

Bagian ini menjelaskan analisa hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan mengenai penentuan premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan dengan metode Simulasi *Stochastic Weather Generator*. Metode ini memanfaatkan distribusi Weibull dengan nilai maksimum pertanggungan ditentukan berdasarkan data historis hasil produksi dan estimasi harga gabah yang berlaku di Provinsi Jawa Tengah. Nilai pertanggungan dari asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan ditentukan dengan menggunakan data hasil produksi tani padi bulanan di Provinsi Jawa Tengah dari tahun 2022 – 2023 yang disajikan dalam Tabel 1 [31].

Tabel 1. Hasil Produksi Tani Padi Bulanan Provinsi Jawa Tengah

Waktu	Hasil Produksi (dalam ton/Ha)
Januari 2022	5,98
Februari 2022	5,94
Maret 2022	5,80
⋮	⋮
November 2023	6,29
Desember 2023	6,31

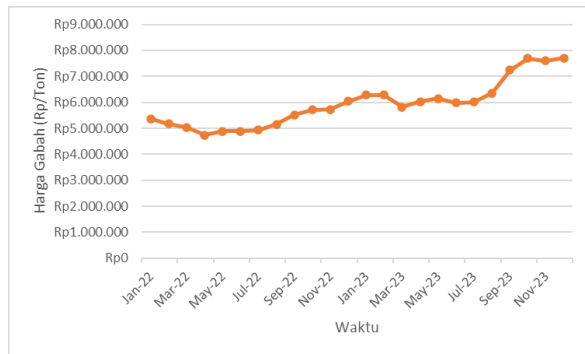
Selama periode 2022 – 2023, diperoleh nilai rata-rata hasil produksi tani padi ($E[Y]$) sebesar 5,59 ton/Ha. Pergerakan hasil produksi tani padi selama 2 tahun disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Produksi Tani Padi

Original Article

Hasil produksi tani padi untuk setiap periode dari Januari 2022 hingga Desember 2023 menunjukkan hampir mencapai 6 ton/Ha selama Januari-Februari 2022. Namun, produksi pada Mei 2023 menunjukkan penurunan signifikan hingga mencapai 4 ton per hektar. Pada bulan-bulan selanjutnya terjadi peningkatan yang cukup tajam yang mana kembali naik mendekati 6 ton/Ha dan mencapai puncaknya pada September 2023 dengan rata-rata produksi mendekati 7 ton/Ha. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan adanya variasi yang tidak terlalu signifikan dalam rata-rata produksi tani padi dari bulan ke bulan, dengan beberapa penurunan dan peningkatan yang mencerminkan kondisi pertanian yang fluktuatif. Fluktuasi juga terjadi pada harga gabah yang dihasilkan dari produksi tani padi seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Harga Gabah (Dalam Rp/Ton)

Harga gabah merupakan salah satu komponen kunci yang sangat penting dalam menentukan nilai pertanggungan asuransi pertanian. Selama periode 2022-2023 didapat nilai rata-rata harga gabah yang berlaku (μ_p) sebesar Rp 5.930.252,00 dan merupakan standar deviasi dari harga yang berlaku (σ_p) sebesar Rp. 894.465,16. Sehingga nilai estimasi harga gabah yang berlaku (p) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan nilai signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0.05$) sebagai berikut:

$$p = Rp\ 5.930.252,00 + Rp\ 894.465,16 \Phi(1 - 0,05) \\ = Rp\ 7.401.647,28$$

Nilai I yang merupakan nilai pertanggungan asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan dapat dihitung dengan mensubstitusikan nilai

$E[Y]$ dan p yang sudah diperoleh sebelumnya ke persamaan (3), sehingga diperoleh:

$$I = 5,59 \times Rp\ 7.401.647,28 = Rp\ 41.375.333,65 \quad (12)$$

Hasil tersebut menyatakan bahwa untuk setiap 1 Ha lahan pertanian akan mendapatkan perlindungan maksimum sebesar Rp 41.375.333,65. Parameter-parameter dari distribusi Weibull dapat diestimasi dengan mendiferensialkan persamaan (6) terhadap masing-masing parameter. Misalkan diberikan u merupakan persentil ke-25, dan v merupakan persentil ke-75 sehingga untuk parameter k diperoleh:

$$\hat{k} = \frac{\ln(\ln(4))}{\ln(v) - \ln(\hat{\lambda})} = 1,070059 \quad (13)$$

Apabila didefinisikan suatu fungsi $g = \frac{\ln(\ln(4))}{\ln(\ln(\frac{4}{3}))}$, maka untuk parameter λ diperoleh:

$$\hat{\lambda} = \exp\left(\frac{g \ln(u) - \ln(v)}{g - 1}\right) = 178,087039 \quad (14)$$

Selanjutnya dicari nilai peluang transisi dari data curah hujan bulanan Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2022-2023 menggunakan simulasi *Stochastic Weather Generator* berdasarkan nilai parameter distribusi Weibull yang diperoleh.

Curah hujan bulanan Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2022-2023 dibagi menjadi dua kategori *state* yaitu bulan kering yang dinyatakan sebagai *state* 0 dan bulan basah yang dinyatakan sebagai *state* 1. Suatu bulan akan dinyatakan kering jika tingkat curah hujan pada bulan tersebut kurang dari 100 mm, sedangkan bulan akan dinyatakan basah jika tingkat curah hujan melebihi 100 mm [32]. Peluang transisi diperoleh dengan menghitung perpindahan *state* yang terjadi. Apabila p_{00} merupakan peluang bulan selanjutnya akan kering setelah bulan sebelumnya kering, p_{01} merupakan peluang bulan selanjutnya akan basah setelah bulan sebelumnya kering, p_{10} merupakan peluang bulan selanjutnya akan kering setelah bulan sebelumnya basah, dan p_{11} merupakan peluang bulan selanjutnya basah setelah bulan sebelumnya basah, maka dengan menggunakan persamaan (8) diperoleh matriks peluang transisi seperti:

$$P = \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} \\ p_{10} & p_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,6818182 & 0,3181818 \\ 0,1428571 & 0,8571429 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Persamaan (15) menyatakan nilai peluang transisi dari suatu *state* ke *state* lainnya, yang mana terdapat 2 *state* bulan kering (*state* 0) dan bulan basah (*state* 1). Dari hasil tersebut terlihat bahwa terjadinya bulan basah dengan sebelumnya terjadi bulan basah memiliki nilai peluang tertinggi sekitar 0,86. Sedangkan kejadian bulan kering apabila sebelumnya bulan basah memiliki nilai peluang terendah, yaitu 0,14.

Setelah diperoleh nilai peluang transisi serta nilai parameter dari distribusi *Weibull*, selanjutnya dilakukan simulasi data curah hujan selama 24 bulan dengan menggunakan metode *Stochastic Weather Generator*. Hasil dari simulasi data curah hujan berdasarkan nilai peluang transisi pada persamaan (15) dan nilai parameter dari distribusi *Weibull* pada persamaan (13) dan (14) ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi Curah Hujan

Bulan	Curah Hujan (mm)
Januari 2022	74,66533
Februari 2022	228,50866
⋮	⋮
November 2023	190,09745
Desember 2023	76,30738

Selanjutnya dilakukan uji distribusi Lognormal untuk melihat hasil simulasi sudah memenuhi distribusi Lognormal dengan menggunakan Uji Anderson-Darling. Adapun hipotesis dari uji yang akan dilakukan adalah:

H_0 : Data mengikuti distribusi Lognormal

H_1 : Data tidak mengikuti distribusi Lognormal

Hasil uji menunjukkan bahwa data simulasi yang diperoleh sudah memenuhi distribusi Lognormal atau H_0 tidak ditolak karena $p - value > \alpha$, yang mana $p - value = 0,3375$, sementara $\alpha = 0,05$.

Indeks curah hujan pada penelitian ini disebut dengan nilai *trigger* curah hujan yang diperoleh dari persentil ke 25, 50, dan 75 dari data simulasi seperti yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Trigger* Curah Hujan

Persentil	<i>Trigger</i> (mm)
25	93,26355
50	143,05449
75	234,62999

Penggunaan persentil 25, 50, dan 75 untuk melihat kondisi dari data curah hujan pada nilai-nilai bawah, tengah, dan atas. Untuk nilai-nilai bawah terlihat bahwa curah hujan maksimal 93,26. Sehingga dapat dinyatakan bahwa, pada kuartil 1 data menunjukkan kejadian bulan kering. Sementara pada kuartil 3, data curah hujan menunjukkan kejadian ekstrem yang mana curah hujan mencapai 234,63. Nilai ini menunjukkan risiko terjadi banjir di beberapa daerah cekungan yang dapat menyebabkan tanaman padi terendam [33]. Kejadian ini dapat berujung pada keadaan gagal panen.

Perhitungan premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan dilakukan setelah terlebih dahulu menentukan fungsi distribusi kumulatif d_2 . Misalkan diasumsikan suku bunga $r = 0,06$ yang merujuk pada suku bunga pada BI-Rate pada bulan Januari 2024, $t = 0,25$, dan panen setiap 3 bulan (4 kali) dalam 1 tahun, maka volatilitas (σ) yang diperoleh sebesar 0,8698787. Sehingga nilai dari parameter *trigger* yang dipilih (d_2) adalah:

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{299.26218}{93,26355}\right) + \left(0,06 - \frac{0,8698787^2}{2}\right)0,25}{0,8698787\sqrt{0,25}}$$

$$= -1,422657$$

Untuk nilai pertanggungan yang didapat pada persamaan (12) sebesar Rp 41.375.333,65, perhitungan premi pada persentil ke-25 adalah:

$$Premi = 41.375.333,65 \cdot e^{-(0,06 \cdot 0,25)} \cdot \Phi(1,422657)$$

$$= Rp143.567,5$$

Sementara, untuk persentil 50 dan 75 akan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Premi Pada Masing-Masing Persentil

Persentil	Trigger	Pertanggungan	Premi	Persentase
25	93,26355	Rp41.375.333,65	Rp143.567,5	0,35%
50	143,05449	Rp41.375.333,65	Rp1.771.928	4,28%
75	234,62999	Rp41.375.333,65	Rp11.511.142	27,82%

Tabel 4 menunjukkan bahwa pembayaran premi juga semakin besar untuk nilai *trigger* curah hujan yang semakin tinggi. Perhitungan ini menunjukkan bahwa semakin besar lingkup perlindungan yang

Original Article

digunakan akan semakin besar pula preminya. Hal ini terlihat pada persentil 75 dengan curah hujan mencapai 234,63 (ekstrem), maka premi yang dihasilkan sebesar Rp 11.511.142. Nilai ini disebabkan karena lingkup perlindungan yang lebih besar akan meningkatkan peluang terjadinya klaim. Sehingga premi yang mungkin akan digunakan pada persentil 75 untuk dapat mengantisipasi kejadian ekstrem atau curah hujan tinggi yang dapat menyebabkan banjir dan tanaman padi terendam.

Kesimpulan

Premi asuransi yang harus dibayarkan pada asuransi pertanian padi berbasis indeks curah hujan di Provinsi Jawa Tengah dengan simulasi *Stochastic Weather Generator* menggunakan distribusi *Weibull* bergantung pada nilai *trigger* curah hujan yang ditetapkan. Untuk nilai *trigger* curah hujan yang berada pada persentil 25, 50, dan 75 dari data simulasi curah hujan yang dihasilkan, maka premi yang dihasilkan antara Rp 143.567,5 – Rp 11.511.142 dengan persentase antara premi dan nilai pertanggungan berada pada rentang 0,35% – 27,82% dari uang pertanggungan sebesar Rp41.375.333,65. Untuk mengantisipasi kejadian banjir, maka premi yang mungkin akan digunakan pada persentil 75.

Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan yang dinyatakan.

Referensi

- [1] G. C. A. Daniel Septian, "Perlindungan Petani Melalui Konsep Asuransi Pertanian Pada Gabungan Kelompok Tani Desa Argorejo, Kabupaten Bantul," *Jurnal Penelitian Hukum*, vol. 1, no. 2, pp. 92-108, 2014.
- [2] Republik Indonesia, "Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani," Sekretariat Negara, Jakarta, 2013.
- [3] M. Rohmah, "Peluang Dan Tantangan Penerapan Asuransi Pertanian Di Indonesia: Tinjauan Konseptual," *Jurnal Akuntansi Unesa*, vol. 2, pp. 1-17, 2014.
- [4] Kementerian Pertanian Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Pertanian Nomor 40/Permentan/SR.210/7/2015 tentang Fasilitas Asuransi Pertanian," Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Jakarta, 2015.
- [5] A. Apriyanto, "Penentuan Harga Premium Asuransi Tanaman Sagu di Kabupaten Luwu Menggunakan Copula FGM," *J.Ilm. Sains*, vol. 20, no. 2, p. 100, 2020.
- [6] R. Iturrioz, *Agricultural Insurance: An Overview*, Washington, DC: World Bank Group, 2009.
- [7] P. A. J. & L. E. Hazell, *Potential for Agricultural Insurance in Developing Countries*, Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2010.
- [8] D. V. & B. B. J. Vedenov, "Efficiency of Weather Derivatives as Primary Crop Insurance Instruments," *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 29, no. 3, pp. 387-403, 2004.
- [9] H. T. G. & N. N. Desi Adriana, "Strategi Implementasi Kebijakan Asuransi Pertanian Di Kabupaten Purwakarta," *Jurnal Media Administrasi Terapan*, vol. 2, no. 2, pp. 71-81, 2022.
- [10] World Bank, "Government Support to Agricultural Insurance: Challenges and Options

- for Developing Countries,” World Bank Group, Washington, DC, 2010.
- [11] M. J. & F. K. Miranda, “Index Insurance for Developing Countries,” *Applied Economic Perspectives and Policy*, vol. 34, no. 3, pp. 391-427, 2012.
- [12] N. S. & Y. Y. Feriliani Maria Nani, “Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan Dengan Metode Burn Analysis,” *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 10, no. 1, pp. 25-32, 2021.
- [13] A. M. Ira Fahira, “Perhitungan Premi Asuransi Usaha Tani Padi Berbasis Indeks Curah Hujan di Kabupaten Lombok Barat Menggunakan Metode Black Scholes,” *Prosiding Statistika*, vol. 7, no. 2, pp. 573-580, 2021.
- [14] R. W. Y. M. F. F. Rahmah Abubakar, “Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan Menggunakan Burn Analysis di Kabupaten Bone,” vol. 10, no. 2, pp. 207-215, 2024.
- [15] F. B. R. L. Jle Chen, “A daily stochastic weather generator for preserving low-frequency of climate variability,” *Journal of Hydrology*, vol. 388, no. 3, pp. 480-490, July 2010.
- [16] S. S. Wahidah Sanusi, *Statistika Untuk Pemodelan Data Curah Hujan*, Malang: Badan Penerbit UMM, 2016.
- [17] W. S. H. Hisyam Ihsan, “Peramalan Pola Curah Hujan Di Kota Makassar Menggunakan Model Rantai Markov,” *Journal of Mathematics, Computational, And Statistics (JMATHCOS)*, vol. 2, no. 1, pp. 19-30, 2019.
- [18] N. K. N. D. A. K. A. S. N. A. J. H. A. M. Isnewati Ab Malek, “Modelling the Distribution of Rainfall Amount,” *Mathematical Sciences and Informatics Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 26-34, 2021.
- [19] A. A. K. J. Sri Astuti Thamrin, “PENAKSIRAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL DENGAN METODE BAYESIAN SURVIVAL DAN MAKSIMUM LIKELIHOOD,” *Jurnal Keteknikan dan Sains (JUTEKS)*, vol. 1, no. 2, pp. 22-27, 2018.
- [20] E. J. & V. T. M. Vaughan, *Fundamentals of Risk and Insurance*, New York: Wiley, 2014.
- [21] D. & P. D. Gujarati, *Basic Econometrics*, New York: McGraw-Hill Education, 2009.
- [22] P. K. Ray, *Agricultural Insurance: Theory and Practice and Application to Developing Countries*, 2nd Edition penyunt., Michigan: Pergamon, 1981.
- [23] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers dan K. Ye, *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*, 9th ed penyunt., Boston: Pearson, 2012.
- [24] H. H. P. & G. E. W. Stuart A. Klugman, *Loss Models: From Data to Decisions*, 5th Edition penyunt., New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc, 2019.
- [25] C. Richardson, “Stochastic Simulation of Daily Precipitation, Temperature, and Solar Radiation,” *Water Resources Research*, vol. 17, no. 1, pp. 182-190, 1981.
- [26] F. & L. G. Hillier, *Introduction to Operations Research*, New York: McGraw-Hill Education, 2015.

Original Article

- [27] S. M. Ross, Introduction to Probability Models, 11th Edition penyunt., New York: Elsevier, 2014.
- [28] D. W. a. R. Wilby, "The Weather Generation Game: A Review of Stochastic Weather Generators," *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, vol. 23, no. 3, pp. 329-357, 1999.
- [29] D. P. A. S. A. S. S. R. Agung Prabowo, "Determination of Agricultural Insurance Premium Prices Based on Rainfall Index with the Black-Scholes Model," *Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, vol. 2, no. 5, pp. 895-903, 2023.
- [30] N. L. S. D. H. I. Kalfin, "Formulation of the Black-Scholes Model for Agricultural Insurance," *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, vol. 9, no. 1, pp. 163-175, 2026.
- [31] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, "Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2024," BPS Provinsi Jawa Tengah, Semarang, 2024.
- [32] L. Oldeman, An agroclimatic classification for evaluation of cropping systems in Southeast Asia, Los Banos: The International Rice Research Institute (IRRI), 1975.
- [33] S. Yuliyanto, "KAJIAN DAMPAK VARIABILITAS CURAH HUJAN TERHADAP," *Jurnal Bumi Indonesia*, vol. 1, no. 1, 2015.