

PERHITUNGAN PREMI KOMODITAS PADI BERBASIS INDEKS CURAH HUJAN DENGAN DISTRIBUSI *WEIBULL* DAN DISTRIBUSI EKSPONENSIAL CAMPURAN

I Kadek Widiadnyana¹, Komang Dharmawan², Ni Ketut Tari Tastrawati^{3§}

¹Program Studi Matematika, FMIPA – Universitas Udayana [Email: kadekwidi92@gmail.com]

²Program Studi Matematika, FMIPA – Universitas Udayana [Email: k.dharmawan@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, FMIPA – Universitas Udayana [Email: tastrawati@unud.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

Agricultural insurance is insurance that exists in the agricultural sector. Agricultural insurance is relatively recently introduced in Indonesia, there are three types of agricultural insurance, agricultural insurance based on losses, price-based agricultural insurance, and index-based agricultural insurance. In this study, the type of agricultural insurance used is index-based insurance, especially based on the rainfall index. The purpose of this study was to determine the procedures required to determine the price of agricultural insurance premiums based on the rainfall index and calculate agricultural insurance premiums using the Weibull distribution or mixed exponential distribution. Furthermore, where the premium price is relatively smaller and close to the insurance premium recommended by the government. In this study, the premium price generated is different for the two distributions, with a not too large difference in the range of rainfall resulting from the simulation of rainfall obtained by using a mixed exponential distribution to get a smaller premium value.

Keywords: *Agricultural Insurance, Weibull distribution, mixed exponential distribution, Insurance Premium.*

1. PENDAHULUAN

Perhitungan premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan bisa dilakukan dengan menggunakan simulasi *Stochastic Weather Generator* dan *weather derivatives*. *Stochastic weather generator* merupakan algoritme komputer yang menggunakan catatan meteorologi yang ada untuk menghasilkan simulasi data cuaca yang memiliki sifat statistika yang serupa dengan data yang diamati. Simulasi *stochastic weather generator* dimulai dengan mencari nilai peluang transisi menggunakan rantai markov, selanjutnya curah hujan dimodelkan dengan distribusi tertentu. Misal distribusi *Weibull* dan distribusi eksponensial campuran, serta untuk menentukan harga premi digunakan menggunakan opsi *put cash-or-nothing*. *Cash-or-nothing put option* merupakan opsi yang membayar sejumlah uang apabila saat jatuh tempo harga aset dibawah harga yang disepakati dan nol jika kejadian sebaliknya terjadi.

Pada penelitian Qosim et al. (2018) dan Dewi et al. (2019) sudah dijelaskan tentang penentuan

premi asuransi pertanian yang lebih murah dan lebih adil. Asuransi pertanian yang berbasis indeks iklim, yang dalam penelitiannya mengambil data dari indeks curah hujan untuk mendapat nilai premi yang lebih adil. karena asuransi yang bersifat indeks iklim bukan tanaman yang diasuransikan melainkan iklim (dalam hal ini curah hujan), tanpa harus ada bukti gagal panen asalkan curah hujan terpenuhi sesuai dengan perjanjian

Mengingat Kabupaten Bangli merupakan salah satu daerah penghasil padi dengan tingkat curah hujan yang cukup tinggi di Bali, dan dengan menggunakan distribusi yang berbeda, diharapkan akan memberikan nilai premi yang berbeda, serta dapat mendekati nilai premi asuransi yang ditentukan oleh pemerintah. Serta dengan menggunakan distribusi *Weibull* dan distribusi eksponensial campuran dapat menggambarkan karakteristik data curah hujan pada suatu wilayah

Sehubungan dengan uraian diatas, penentuan nilai probabilitas transisi, curah hujan.

menggunakan model pendekatan rantai Markov. Terdapat empat probabilitas transisi, yaitu probabilitas bulan basah yang didahului bulan kering (p_{01}), probabilitas bulan basah didahului bulan basah (p_{11}), probabilitas bulan kering setelah bulan kering (p_{00}) dan probabilitas bulan kering setelah bulan basah (p_{10}) (Dlamini *et al.*, 2015).

Pada penggunaannya pada asuransi pertanian terdapat empat probabilitas transisi, yaitu probabilitas bulan basah yang didahului bulan kering (P_{01}), probabilitas bulan basah didahului bulan basah (P_{11}), secara sistematis dapat ditulis dengan:

$(P_{01}) = P(\text{bulan basah pada waktu } t | \text{bulan kering pada waktu } t - 1)$

$(P_{11}) = P(\text{bulan basah pada waktu } t | \text{bulan basah pada waktu } t - 1)$

dan dua lainnya, probabilitas bulan kering setelah bulan kering (P_{00}) dan probabilitas bulan kering setelah bulan basah (P_{10}) bisa ditulis (Dlamini *et al.*, 2015):

$$P_{00} = 1 - P_{01}$$

$$P_{10} = 1 - P_{11}$$

Pada pemodelan curah hujan dengan menggunakan simulasi *stochastic weather generator* yang memakai distribusi *Weibull* dan distribusi eksponensial campuran. Distribusi *Weibull*. Fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi *Weibull* adalah (Bain and Engelhardt, 1991).

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta}{\alpha^\beta} x^{\beta-1} e^{-(\frac{x}{\alpha})^\beta}, & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

dengan β parameter bentuk, α parameter skala, dan $\alpha, \beta > 0$. Dengan fungsi kepadatan distribusi Eksponensial campuran adalah

$$f(x) = \frac{p}{\mu_1} e^{-\frac{x}{\mu_1}} + \frac{1-p}{\mu_2} e^{-\frac{x}{\mu_2}} \quad (2)$$

Untuk $x > 0, 0 < p < 1, 0 < \mu_1 < \mu_2$, dimana $f(x)$ dan p, μ_1, μ_2 adalah parameter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil panen padi yang diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Bangli merupakan data hasil panen padi caturwulan di Kecamatan Susut dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2019.

2. METODE PENELITIAN

Data curah hujan didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) kabupaten Bangli selama 11 tahun periode tahun 2009 sampai tahun 2019 dan produksi padi dari data dinas pertanian Bangli selama 11 tahun pada periode tahun 2009 sampai dengan tahun 2019. Sementara biaya produksi diperoleh dari beberapa petani.

1. Mengumpulkan data curah hujan dan hasil panen padi kabupaten Bangli tahun 2009 sampai 2019,
2. Mendapatkan data biaya pertanggung tanaman padi berupa biaya benih, pupuk, pestisida, dan upah untuk perawatan dari masa tanam sampai panen melalui survey langsung ke beberapa kelompok petani.
3. Plot data hasil panen padi Kecamatan Susut Kabupaten Bangli periode tahun 2009 sampai 2019.
4. Menghitung nilai probabilitas transisi curah hujan.
5. Menduga nilai parameter untuk distribusi *Weibull* dan distribusi eksponensial campuran.
6. Simulasi data curah hujan dengan distribusi *Weibull* dan distribusi eksponensial campuran.
7. Menentukan indeks curah hujan hasil dari simulasi untuk distribusi *Weibull* dan distribusi eksponensial campuran.
8. Menghitung nilai premi asuransi untuk Distribusi *Weibull* dan Distribusi eksponensial campuran menggunakan persamaan

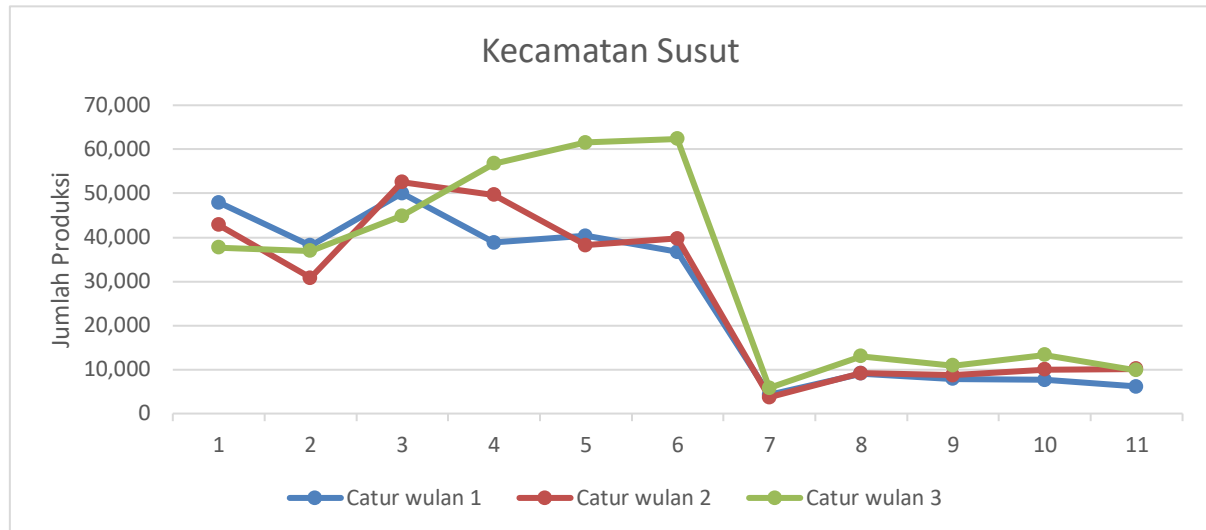
$$\text{Premi} = \gamma e^{-rt} N(-d_2). \quad (3)$$

Dengan

$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r - 0.5\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (4)$$

9. Membandingkan hasil premi distribusi *Weibull* dengan distribusi Eksponensial campuran untuk mengetahui mana yang lebih murah dan adil pada penentuan premi asuransi pertanian.

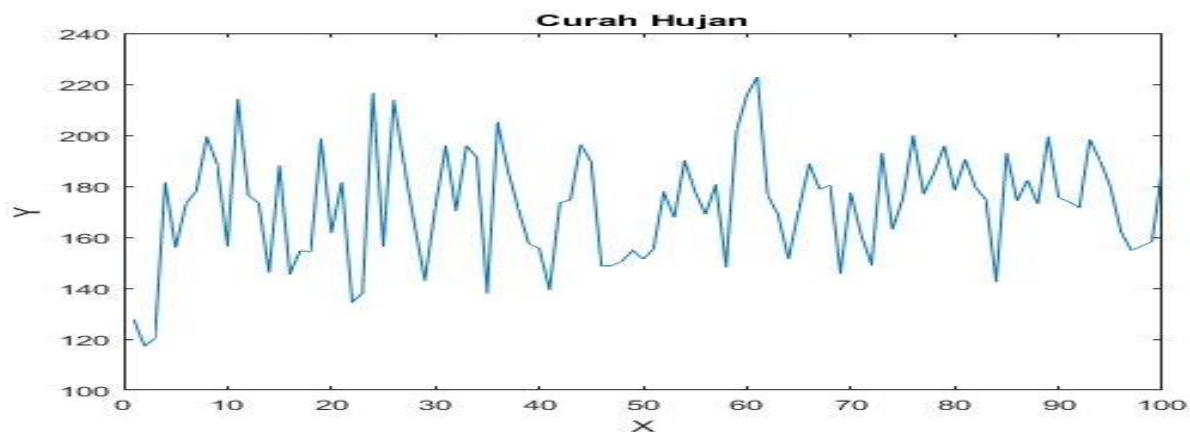
Langkah pertama adalah penentuan probabilitas transisi, yaitu P_{00} (probabilitas bulan kering di dahului bulan kering), P_{01} (probabilitas bulan basah yang didahului bulan kering), P_{10} (probabilitas bulan kering yang didahului bulan basah), P_{11} (probabilitas bulan basah yang didahului dengan bulan basah



Gambar 1. Plot Data Historis Produksi Padi Kecamatan Susut Tahun 2009–2019

bulan basah merupakan bulan dengan curah hujan >100 mm sedangkan bulan kering merupakan bulan yang curah hujannya < 100

Berikut adalah hasil simulasi *Stochastic weather generator* dengan menggunakan distribusi *Weibull*:



Gambar 2. Hasil Simulasi dari Data Curah Hujan Kecamatan Susut dengan Distribusi Weibull

mm. hasil perhitungan probabilitas transisi data curah hujan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Probabilitas Transisi

Probabilitas	Nilai Probabilitas transisi
P_{00}	0,6216
P_{01}	0,3783
P_{10}	0,8511
P_{11}	0,1489

Perhitungan nilai parameter dari distribusi *Weibull* dan Eksponensial campuran. Diperoleh nilai parameter untuk distribusi *Weibull* untuk nilai $\alpha = 251,3187$ dan $\beta = 1,1428$. dan dengan nilai parameter dari distribusi Eksponensial campuran $p = 2.5357e^{-14}$, $\mu_1 = 161.8460$, $\mu_2 = 242.8864$.

Dari simulasi diperoleh trigger (pemicu) seperti pada tabel berikut.

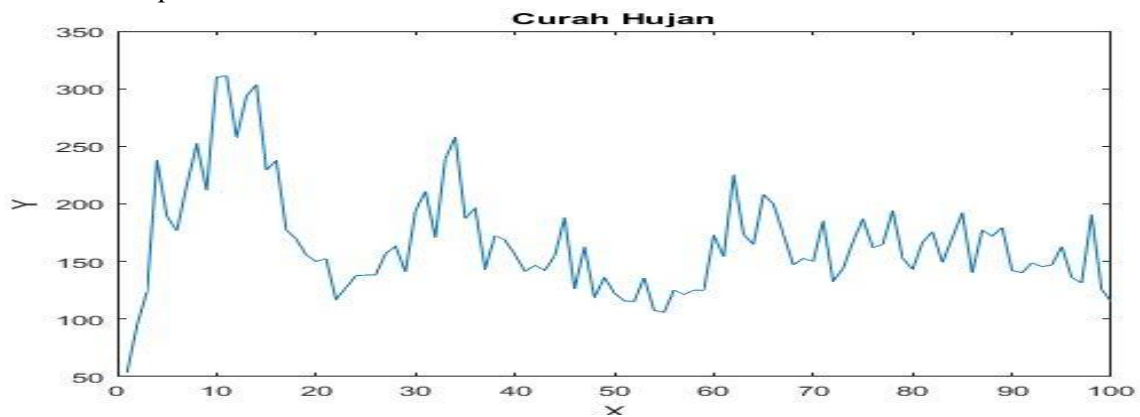
Tabel 2. Tabel Nilai Trigger Kecamatan Susut dengan Distribusi *Weibull*

Persentil	Nilai trigger Kecamatan susut
Ke-5	138.1109
Ke-10	145.8667
Ke-15	149.0825
Ke-20	154.5003
Ke-25	155.8145

Sumber: Data diolah tahun 2021

Tabel 2. Merupakan nilai persentil yang diambil dari hasil simulasi pada gambar 2.

Berikutnya simulasi menggunakan distribusi eksponensial campuran: asuransi menggunakan persamaan (3).



Gambar 3. Hasil Simulasi dari Data Curah Hujan Kecamatan Susut dengan Distribusi Eksponensial Campuran

Hasil simulasi *Stochastic weather generator* menggunakan distribusi Eksponensial campuran diperoleh trigger (pemicu) yang di tampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Tabel Nilai Trigger Kecamatan Susut dengan Distribusi Eksponensial Campuran

Persentil	Nilai trigger Kecamatan Susut
Ke-5	115.8282
Ke-10	121.2248
Ke-15	125.6289
Ke-20	129.4315
Ke-25	132.3913

Sumber: Data diolah tahun 2021

Tabel 3 merupakan nilai persentil yang diambil dari hasil simulasi pada gambar 3

Selanjutnya biaya pertanggungan, adalah biaya yang dihabiskan petani dari awal penanaman bibit padi sampai padi panen. Besar biaya pertanggungsannya Rp 6.324.000/Ha.

Tahap selanjutnya adalah menghitung besarnya premi asuransi pertanian yang dibayarkan oleh petani. Perhitungan premi

Langkah yang dilakukan pada perhitungan premi asuransi menggunakan distribusi *Weibull* dimulai dengan menghitung fungsi distribusi kumulatif d_2 . Dengan diasumsikan suku bunga $r = 6\%$ atau $0,06$, $t = 0,25$, dan volatilitas (σ) = $0,780$. Variabel S_0 adalah nilai patokan yang diambil dari data curah hujan sebesar $S_0 = 262$, serta K merupakan nilai trigger dari persentil Berikut adalah perhitungan dari persentil ke-5:

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{262}{138,1109}\right) + (0,06 - 0,5(0,780)^2)0,25}{0,780\sqrt{0,25}}$$

$$= 1,4854$$

setelah nilai d_2 didapat, maka perhitungan premi yang harus dibayarkan saat nilai trigger curah hujan pada persentil ke-5 di Kecamatan Susut adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Premi} &= \gamma e^{-rt} N(-d_2) \\ &= 6.324.000 e^{-(0,06 \times 0,25)} N(1,4854) \\ &= \text{Rp}428.086,00 \end{aligned}$$

dengan demikian, premi asuransi yang mesti dibayarkan petani pada saat persentil ke-5 adalah sebesar Rp 428.086,00. Dengan cara yang sama untuk persentil ke-10,15,20,15 disajikan pada tabel seperti berikut.

Tabel 4. Premi yang Dibayarkan oleh Petani Pada Simulasi Menggunakan Distribusi Weibull

Persentil ke-	Trigger (mm)	Pertanggungan (Rp)	Premi (Rp)	Persentase
5	138,11	6.324.000	428.086	6,7%
10	145,86	6.324.000	555.093	8,7%
15	149,08	6.324.000	613.109	9,6%
20	154,50	6.324.000	719.660	11,3%
25	155,81	6.324.000	746.060	11,7%

Selanjutnya perhitungan premi asuransi pertanian menggunakan distribusi Eksponensial campuran. Langkah yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung fungsi distribusi kumulatif d_2 . Diasumsikan suku bunga $r = 6\%$ atau $0,06$, $t = 0,25$, dan volatilitas (σ) = $0,780$. Variabel S_0 adalah nilai patokan yang diambil dari data curah hujan sebesar $S_0 = 262$, serta K merupakan nilai trigger Kecamatan Susut dari persentil ke-5,10,15,20,25 yang bisa dilihat pada tabel 3. Berikut adalah perhitungan dari persentil ke-5.

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{262}{115,8}\right) + (0,06 - 0,5(0,780)^2)0,25}{0,780\sqrt{0,25}}$$

Tabel 5. Premi yang Dibayarkan oleh Petani Menggunakan Distribusi Eksponensial Campuran

Persentil ke-	Trigger (mm)	Pertanggung (Rp)	Premi (Rp)	Persentase
5	115.82	6.324.000	164.293	2,5%
10	121.22	6.324.000	214.115	3,3%
15	125.22	6.324.000	261.227	4,1%
20	129.43	6.324.000	306.754	4,8%
25	132.39	6.324.000	330.599	5,2%

Pada perhitungan premi asuransi pertanian dengan menggunakan distribusi Eksponensial campuran menghasilkan nilai premi yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan distribusi *Weibull*. Bisa dilihat pada kedua tabel saat nilai trigger yang digunakan semakin tinggi maka pembayaran premi juga semakin tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan kedua premi asuransi yang menggunakan distribusi yang berbeda menghasilkan nilai premi yang berbeda, misalnya pada distribusi *Weibull* untuk persentil ke-5 didapat Rp.428.086,00 sedangkan pada distribusi Eksponensial campuran mendapat nilai sebesar Rp.164.293,00. Asuransi pertanian dengan menggunakan distribusi Eksponensial Campuran mendapat harga premi yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan distribusi *Weibull*.

Pada penelitian ini hanya dilakukan perhitungan premi asuransi berdasar indeks curah hujan. Karena resiko kegagalan bisa di pengaruhi oleh faktor lain seperti hama dan penyakit tanaman yang mengganggu tanaman. Selain itu kelalaian manusia juga bisa mempengaruhi tumbuh tanam padi, disarankan pada penelitian selanjutnya untuk melakukan penelitian tentang asuransi pertanian dengan pengaruh hama, penyakit tanaman atau pun kelalaian manusia.

= 1,9369

Setelah nilai d_2 didapat, maka perhitungan premi yang harus dibayarkan saat nilai trigger curah hujan pada persentil ke-5 di Kecamatan Susut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{premi} &= \gamma e^{-rt} N(-d_2) \\ &= 6.324.000 e^{-(0,06 \times 0,25)} N(1,9369) \\ &= \text{Rp}164.293,00 \end{aligned}$$

dengan demikian, premi asuransi yang mesti dibayarkan petani pada saat persentil ke-5 adalah sebesar Rp164.293,00. Dengan cara yang sama untuk persentil ke-10,15,20,15 disajikan pada tabel seperti berikut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bain, Lee J., Engelhardt, Max.1991. Introduction to Probability and mathematical statistic, second edition. Duxbury Press. United States of America.
- Dewi, N.P. Ayunda Surya, Dharmawan, K & Kartika Sari. 2020 Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan Pada Komoditas Kedelai Yang Disimulasikan Menggunakan Distribusi Weibull. E-Jurnal Matematika, Volume 9(4), November 2020, hlm. 257-264
- Dlamini, N., Lai, S., Rowshon, M. & Syazwan, F., 2015. Developing and Calibrating Sthocastic Rainfall Generator Model For Simulating Daily. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), Volume 76:15(2015), pp. 13-19.
- Qosim, Sayid., Dharmawan, K. & Harini, L.P.I. 2018. Penentuan Harga Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan Menggunakan Metode Pembangunan Distribusi Eksponensial Campuran. E-Jurnal Matematika, Volume 7 No 2, hlm 141-147.