PERHITUNGAN PREMI ASURANSI PERTANIAN PADA TANAMAN PADI BERBASIS INDEKS CURAH HUJAN DAN INDEKS SUHU PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE COPULA

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Matematika dalam Ilmu Matematika

Diajukan oleh :

WINDA INDRIANI

NIM : 1908046045

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama	:	Winda Indriani
NIM	:	1908046045
Jurusan	:	Matematika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

PERHITUNGAN PREMI ASURANSI PERTANIAN PADA TANAMAN PADI BERBASIS INDEKS CURAH HUJAN DAN INDEKS SUHU PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE COPULA

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 23 Juni 2023

Penulis,

10000 METERAI TEMPEL B9FFBAKX504500014

Winda Indriani

NIM : 1908016045

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jalan Prof. Dr. H. Hamka Kampus II Ngaliyan Semarang 50185
Telepon (024) 76433366, Website: fst.walisongo.ac.id

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **PERHITUNGAN PREMI ASURANSI PERTANIAN PADA TANAMAN PADI BERBASIS INDEKS CURAH HUJAN DAN INDEKS SUHU PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE COPULA**

Penulis : Winda Indriani

NIM : 1908046045

Jurusan : Matematika

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 27 Juni 2023

DEWAN PENGUJI

Penguji I,	Penguji II,
Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc	**Any Muanalifah, M.Si, Ph.D**
NIP: 198908112019032019	NIP: 198201132011012009
Penguji III,	Penguji IV,
Dinni Rahma Oktaviani, M.Si	**Yolanda Norasia, M.Si**
NIP: 199410092019032017	NIP: 199409232019032011
Pembimbing I,	Pembimbing II,
Emy Siswanah, M.Sc	**Seftina Diyah Miasary, M.Sc**
NIP: 198702022011012014	NIP: 198709212019032010

KEMENTERIAN AGAMA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN WALISONGO SEMARANG REPUBLIK INDONESIA

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 22 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul	:	**Perhitungan Premi Asuransi Pertanian Pada Tanaman Padi Berbasis Indeks Curah Hujan dan Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode Copula**
Penulis	:	**Winda Indriani**
NIM	:	1908046045
Jurusan	:	Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqsyah.

Wassalamualaikum. wr. wb.

Pembimbing I,

Emy Siswanah, M.Sc.
NIP : 198702022011012014

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 22 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul	:	**Perhitungan Premi Asuransi Pertanian Pada Tanaman Padi Berbasis Indeks Curah Hujan dan Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode Copula**
Penulis	:	**Winda Indriani**
NIM	:	1908046045
Jurusan	:	Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqsyah.

Wassalamualaikum. wr. wb.

Pembimbing II,

Seftina Diyah Miasary, M.Sc.
NIP : 198709212019032010

ABSTRAK

Suatu bentuk perlindungan oleh pemerintah bagi petani yang mengalami gagal panen adalah memberikan asuransi pertanian bagi petani di Indonesia. Beberapa hal yang menyebabkan petani gagal panen adalah masalah rendahnya curah hujan atau suhu permukaan yang tinggi yang menyebabkan kekeringan hingga gagal panen. Oleh karena itu, Pada penelitian ini akan dibahas premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan juga premi asuransi pertanian berdasarkan indeks suhu permukaan menggunakan metode Copula. Metode Copula merupakan metode yang dapat menggambarkan risiko yang akan terjadi dengan acuan intesitas curah hujan dan suhu permukaan. Selain itu, Copula cocok digunakan untuk menentukan premi asuransi pertanian karena pada bidang pertanian sering dijumpai data yang tidak berdistribusi normal juga biasa dalam memodelkan risiko. Konsep Copula juga digunakan dalam skala yang bebas dan merupakan titik awal untuk penyusunan distribusi bivariat. Dalam hal ini, peneliti menggunakan data curah hujan, luas hasil panen, harga gabah, dan produktivitas padi di Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022. Kemudian, peneliti membandingkan asuransi yang lebih menguntungkan oleh petani. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa semakin besar nilai ambang batas curah hujan (C_α) maka asuransi pertanian berbasis indeks suhu permukaan lebih menguntungkan petani. Sedangkan, semakin kecil nilai ambang batas suhu permukaan (S_α), maka asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan lebih menguntungkan petani.

Kata Kunci : Asuransi Pertanian, Copula, Curah Hujan, Suhu Permukaan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'Alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah sbhanahu wa ta'ala atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "**Perhitungan Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan dan Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode Copula".** Showalat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan jahiliyah ke jalan terang benderang seperti sekarang

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjan studi Matematika fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapka kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Penulis menyadari banyaka pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik lamngsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Dr. Ismail, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Ibu Emy Siswanah, M.Sc selaku Ketua Program Studi Matematika, sekaligus dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini
3. Ibu Ayus Riana Isnawati, M.Sc selaku wali dosen yang telah memberikan arahan dan saran dalam penyusunan skripsi
4. Ibu Seftina Diyah Miasary, M.Sc selaku pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Kedua orang tua tercinta Bapak Satimin dan Ibu Djumini yang telah senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta do’a dan kasih sayang yang luar biasa sehingga dapat terselesaikan kuliah dan skripsi ini.

6. Saudara kandung tersayang Mas Wahyu dan Mbak Wulan yang selalu memberikan dukungan, semangat dan kasih sayang yang melimpah, sehingga dapat terselesaikan kuliah dan skripsi ini
7. Teman sekamar, teman seperjuangan yaitu Ulna yang telah membantu dan memberikan semangat setiap harinya dalam penulisan skripsi ini
8. Teman seperjuangan Vina, Putri, Ema, Dewi dan teman kelas matematika B yang memberikan bantuan dan dorongan agar terselesaikannya penulisan skripsi ini
9. Teman – teman seperjuangan Matematika 2019 yang telah menemani dan memotivasi setiap harinya selama perkuliahan
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekaligus dapat memberikan referensi dalam penelitian

Semarang, 19 Juni 2023

Penulis,

Winda Indriani

NIM. 1908046045

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang Masalah

Matematika dapat dikaitkan dengan solusi dari pemasalahan di beberapa aspek kehidupan. Salah satunya adalah permasalahan dalam tingkat tenaga kerja di bidang pertanian yang rendah. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS), hanya sekitar 29,59% dari seluruh tenaga kerja di Indonesia yang bekerja di sektor pertanian pada tahun 2021 dan angka ini terus menurun bahkan di tengah meningkatnya tenaga kerja di Indonesia. Hal ini salah satunya diakibatkan oleh kemungkinan gagal panen yang tinggi di pertanian (Winarso, 2013).

Gagal panen merupakan salah satu risiko yang harus dipertimbangkan masyarakat, khususnya petani Indonesia. Program – program pada ilmu aktuaria dan statistika yang merupakan cabang dari ilmu matematika dapat kita gunakan untuk memperkirakan risiko atas gagal panen dan memperkirakan kerugiannya pula. Pengelolaan risiko pada suatu masalah merupakan suatu pokok bahasan pada ilmu aktuaria yang berhubungan dengan perhitungan pada asuransi (Sukraini, 2018). Asuransi merupakan suatu perjanjian antara pihak penanggung sebagai penanggung jawab apabila terjadi kerugian atas risiko yang mungkin akan terjadi dengan pihak tertanggung yang membayar premi kepada pihak penanggung (Muhammad, 2002). Premi yang dibayarkan pihak tertanggung merupakan sejumlah uang yang cara membayarkannya dapat dilakukan setiap tahun atau dalam waktu yang berkala. Asuransi memiliki berbagai macam jenis, antara lain asuransi jiwa, asuransi kesehatan, asuransi pendidikan dan masih banyak lagi. Asuransi yang dapat menjamin kegagalan panen yang dialami oleh petani adalah asuransi pertanian.

Salah satu bentuk perlindungan oleh pemerintah bagi petani yang mengalami gagal panen adalah memberikan asuransi pertanian bagi petani di Indonesia. Asuransi pertanian merupakan hal yang baru di Indonesia. Pihak tertanggung asuransi pertanian membayar sejumlah premi kepada pihak penanggung atas risiko kerugian dari kemungkinan gagal panen yang terjadi (Muhammad, 2002). Dalam masalah ini, penanggung merupakan pemerintah dan tertanggung merupakan petani tanaman padi.

Dalam bisnis manufaktur, ada risiko kesalahan dan masalah kualitas yang tinggi, yang mengarah ke salah satu faktor terpenting, kualitas bahan (Kadim, 2017). Pada bidang pertanian, salah satu faktor yang diyakini berkontribusi terhadap kegagalan proses produksi adalah curah hujan dan permukaan suhu pada suatu daerah tertentu (Harham, 2015). Dalam masalah ini, Iklim pada Kabupaten Sragen yang tidak menentu dapat berakibat pada pertumbuhan tanaman padi. Pada Kabupaten Sragen, saat musim hujan sebagian besar wilayahnya memiliki curah hujan yang cenderung rendah hingga menengah. Saat kemarau suhu dari wilayah Kabupaten Sragen bisa mencapai 32°C walaupun sehari – hari suhu masih tergolong sedang (RPJMD Kabupaten Sragen, 2021). Sawah – sawah pada wilayah Kabupaten Sragen merupakan Sawah tadah hujan sehingga curah hujan dan suhu permukaan merupakan hal yang perlu diperhatikan untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, indeks dari curah hujan dan suhu permukaan ini merupakan hal yang digunakan untuk acuan penentuan premi asuransi pertanian yang dibayarkan oleh penanggung.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meneliti premi asuransi pertanian yaitu metode Copula. Metode Copula dapat menggambarkan risiko yang akan terjadi dengan acuan intesitas curah hujan dan suhu permukaan di Kabupaten Sragen. Copula merupakan suatu metode yang biasa untuk memodelkan risiko. Kata Copula pertama kali diperkenalkan oleh Abe Sklar dan diperkenalkan dalam konteks asuransi pada tahun 1998 oleh Wang (Amblard & Girard, 2009).

Copula merupakan suatu metode yang tidak ketat pada asumsi distribusi untuk data baik data yang berdistribusi normal atau data yang tidak berdistribusi normal (Scolzel dan Friederichs, 2008). Copula cocok digunakan untuk menentukan premi asuransi pertanian karena pada bidang pertanian sering dijumpai data yang tidak berdistribusi normal (Pintari & Subekti, 2018). Konsep Copula juga digunakan dalam skala yang bebas dan merupakan titik awal untuk penyusunan distribusi bivariat. Dengan menggunakan metode Copula, kita dapat memperkirakan kerugian akibat gagal panen sehingga dapat ditentukan premi asuransi yang harus dibayarkan oleh petani kepada penanggung asuransi.

Pemberian asuransi pertanian kepada petani ini juga sesuai dengan konsep tolong menolong dalam islam. Asuransi di dalam islam dikenal dengan sebutan *tafakul* yang secara etimologis artinya saling menanggung. Hal tersebut dapat diartikan bahwa bagi setiap peserta asuransi saling menanggung risiko peserta lainnya. Hal ini sesuai dengan konsep tolong-menolong yang termuat dalam ayat Al-quran surat Al Maidah ayat 2. Allah berfirman:

وَلَا تَعَاوَنُوْا عَلَى الْإِثْمِ وَالْعُدْوَانِ ۖ وَاتَّقُوا اللّٰهَ ۗ إِنَّ اللّٰهَ شَدِيْدُ الْعِقَابِ

Artinya : "*dan tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan permusuhan. Bertakwalah kepada Allah,* *sungguh, Allah sangat berat siksaan-Nya*."(Qur'an Kemenag, 2022)

Penelitian ini juga dilandasi oleh penelitian- penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada tahun 2018, A.A Dwi Marsita Anggraeni meneliti tentang Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode *Burn Analysis* (Anggraeni, 2018). Pada tahun 2020, Dina Erfiana telah mengkaji tentang premi yang ditentukan berdasarkan curah hujan dan data produksi padi di Kabupaten Banjarnegara dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2018 dengan model *Black-Scholes* (Erfiana, 2020). Kemudian, Apriyanto meneliti tentang harga premium asuransi yang ideal untuk tanaman Sagu di Kabupaten Luwu Menggunakan model Copula FGM berdasakan luas lahan tanaman sagu (Apriyanto, 2020). Pada tahun 2011, Michael Stanley Smith meneliti tentang Uji Bayesian yang digunakan untuk memodelkan Copula (Smith, 2011). Pada tahun 2022, Emanuel Sommer mengkaji peramalan risiko portofolio menggunakan Copula Vine (Sommer, 2022). Pada tahun 2011, Martin Larsson menjabarkan kegunaan Copula Archimedian (Larsson, 2011)

Berdasarkan penelitian - penelitian terdahulu, ditemukan beberapa masalah yang dapat diteliti oleh penulis. Terbatasnya pembahasan terkait penentuan premi asuransi berdasarkan iklim dari suatu daerah menjadi bahan pertimbangan penulis untuk mengkaji hal ini. Selain itu, belum ada bahasan terkait perhitungan premi asuransi berdasarkan suhu permukaan menggunakan metode Copula yang mana suhu permukaan merupakan salah satu faktor penting untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, peneliti akan menentukan harga premi asuransi pertanian pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan dan indeks suhu permukaan di Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka peneliti merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan di Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula?
2. Bagaimana hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis suhu permukaan di Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula?
3. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan di Kabupaten Sragen dengan hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis suhu

permukaan di Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, peneliti memberikan batasan masalah agar penelitian lebih terarah. Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Wilayah yang akan diteliti adalah Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen
2. Faktor yang mempengaruhi premi yang diteliti adalah indeks curah hujan dan suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022 dengan masing – masing jumlahnya sebanyak 30 data.
3. Model yang digunakan adalah model Copula Vine

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula

2. Untuk mengetahui hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula
3. Untuk membandingkan hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen dengan hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penjabaran pada rumusan masalah, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula
2. Mengetahui hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula

3. Mengetahui perbandingan hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis indeks curah hujan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen dengan hasil perhitungan premi asuransi pada tanaman padi berbasis suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen menggunakan metode Copula

BAB II
LANDASAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Asuransi Pertanian

Asuransi merupakan suatu bentuk perjanjian untuk pertanggungan untuk pihak tertanggung dari pihak penanggung. Pihak tertanggung merupakan pihak yang menerima premi yang diberikan pihak penanggung. Pihak penanggung merupakan pihak yang akan menanggung kerugian atas risiko yang mungkin akan terjadi (Muhammad, 2002). Selanjutnya, Pihak tertanggung merupakan pihak yang membayarkan premi kepada pihak penanggung dan menjadi pihak yang akan menerima bentuk pertanggungan apabila terdapat kerugian atas risiko yang mungkin terjadi. Sementara itu, premi asuransi merupakan sejumlah uang yang dibayarkan oleh pihak tertanggung ke pihak penanggung yang dilakukan dalam waktu yang berkala.

Salah satu jenis asuransi adalah asuransi pertanian. Asuransi Pertanian merupakan asuransi yang memiliki peran untuk melindungi para petani dari risiko kerugian (Djunedi, 2016). Sektor Pertanian merupakan salah satu sektor yang penghasilannya tidak menentu. Hal ini dikarenakan suatu produk pertanian rentan mengalami kegagalan seperti kerusakan tanaman dan gagal panen akibat dari suatu faktor tertentu. Faktor - faktor tersebut diantaranya bencana alam, perubahan iklim, wabah penyakit, dan lainnya yang tidak dapat diprediksi kapan datangnya (Kartika Sari, 2017).

Pemerintah yang berkerjasama dengan PT Asuransi Jasindo, memberikan program Asuransi Usaha Tani Padi (AUTP) yaitu memberikan asuransi kepada petani dari gagal panen akibat risiko banjir, kekeringan, dan wabah penyakit atau serangan organisme pada tanaman. Premi yang dibayarkan kepada pihak penanggung asuransi yaitu senilai Rp.180.000,-/ha/musim tanam dan nilai pertanggungan yang diterima pihak tertanggung sebesar Rp.6.000.000,-/ha/musim tanam. Akan tetapi, petani hanya membayar senilai Rp.36.000,-/ha/musim tanam karena dibantu pemerintah (APBN) sebesar 80% dari premi yang seharusnya dibayar (PT Jasindo, 2022). Oleh karena itu, asuransi pertanian ini merupakan solusi yang tepat untuk dipunyai oleh setiap para petani karena tujuan utamanya memberikan perlindungan kepada petani berupa bantuan modal jika terjadi kegagalan panen.

2.1.2 Pengaruh Curah Hujan terhadap Tanaman Padi

Perubahan iklim yang ekstrim sering terjadi di Indonesia. Perubahan iklim seperti perubahan cuaca yang drastis, suhu permukaaan yang meningkat beberapa kali kerap terjadi di kota atau daerah di Indonesia (Julismin, 2013). Perubahan iklim tersebut pastinya berdampak pada lingkungan atau pertumbuhan tanaman sekitar.

Salah satu perubahan iklim yang berdampak pada tanaman padi adalah intensitas curah hujan. Jika intensitas curah hujan rendah maka menyebabkan pengairan di lahan atau sawah menjadi sulit. Akan tetapi unsur hara pada tanaman padi akan hilang dan ada perkembangbiakan beberapa organisme akan baik ketika curah hujan rendah (Harham, 2015).

Karena tidak menentunya intensitas curah hujan yang berdampak pada hasil produksi tanaman padi, maka tidak ada kepastian bahwa tanaman padi berhasil panen di setiap penanamannya. Oleh karena itu, solusi yang tepat untuk menjamin kegagalan panen para petani adalah asuransi pertanian yang dapat diberikan oleh perusahaan asuransi atau pemerintah.

2.1.3 Pengaruh Suhu terhadap Tanaman Padi

Saat ini, Perubahan iklim sering terjadi di Indonesia. Salah satu indikator dari perubahan iklim yaitu suatu kejadian cuaca yang ekstrim dan kenaikan suhu (Mirza, 2003). Perubahan iklim ini berdampak pada lingkungan sekitar salah satunya adalah pertumbuhan tanaman padi. Penelitian berdasarkan simulasi tanaman yang dilakukan oleh Matthews et al (1997), menyimpulkan bahwa kenaikan satu derajat celcius akan menurunkan produksi padi sekitar 5-7%. Hal tersebut dikarenakan kurangnya pembentukan sinik, pendeknya periode pertumbuhan dan meningkatnya respirasi (Matthews, 1997).

Adanya perubahan suhu permukaan berdampak bagi para petani padi berupa penurunan produksi. Para petani ini akan mengalami kerugian akibat hasil produksinya turun akibat perubahan suhu yang ekstrim. Oleh karena itu, asuransi pertanian sebagai perlindungan bagi para petani dapat ditinjau dari suhu permukaan dari suatu daerah tertentu. Kabupaten Sragen merupakan salah satu kota yang memiliki suhu rata rata yang tinggi di Indonesia dan suhu dapat berubah secara tidak pasti (RPJMD Kabupaten Sragen, 2021).

2.1.4 Variabel Random

Variabel random merupakan variabel yang diperoleh dari sebuah eksperimen acak dalam bentuk bilangan real (Olofsson & Andersson, 2012). Variabel random merupakan fungsi yang digunakan untuk pemetaan dari ruang sampel ke sebuah ruang bilangan real.

2.1.4.1 Variabel Random Diskrit

Definisi 2.1 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika semua nilai dalam himpunan variabel random X banyaknya berhingga dan dapat dihitung (countable), maka X merupakan variabel random diskrit. Fungsi

$$f(x) = P[X = x]\ ; \qquad x = x_1, x_2, \dots, x_n \tag{2.1}$$

Fungsi f(x) merupakan fungsi densitas probabilitas (Pdf) diskrit yang memenuhi sifat:

1. $f(x) \geq 0, untuk\ semua\ nilai\ x$
2. $\sum f(x) = 1$

Definisi 2.2 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X adalah variabel random diskrit dengan fungsi densitas probabiltas f(x), maka nilai ekspektasi dari X didefinisikan sebagai,

$$\mu = E(X) = \sum_x x\, f(x) \tag{2.2}$$

Dengan :

$\mu = E(X)$: Nilai ekspektasi dari variabel random X

x : Nilai pada variabel random X

$f(x)$: Fungsi densitas probabilitas dari variabel X

2.1.4.2 Variabel random kontinu

Variabel random kontinu merupakan variabel yang banyaknya nilai dalam himpunan variabel random tersebut tidak dapat dihitung, atau tak terhingga banyaknya.

Definisi 2.3 (Bain & Engelhardt, 1992)

Variabel random X dikatakan variabel random kontinu jika nilainya mencakup semua nilai dari suatu interval. Fungsi f(x) dikatakan sebagai fungsi densitas probabilitas jika dan hanya jika memenuhi syarat sebagai berikut:

1. $f(x) \geq 0$, untuk semua nilai rill x
2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$

Definisi 2.4 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X adalah variabel random kontinu dengan fungsi densitas probabiltas f(x), maka nilai ekspektasi dari X didefinisikan sebagai,

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \tag{2.3}$$

Dengan:

$E(X)$: Nilai ekspektasi dari variabel random X

x : Nilai pada variabel random X

$f(x)$: Fungsi densitas probabilitas dari variabel X

2.1.5 Distribusi Gabungan

2.1.5.1 Distribusi Gabungan Diskrit

Definisi 2.5 (Bain & Engelhardt, 1992)

Fungsi densitas probabilitas gabungan dari variabel random diskrit $(X = X_1, X_2, \dots, X_n)$ *dapat dituliskan sebagai berikut:*

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = P[X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n] \tag{2.4}$$

Untuk setiap nilai $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ *dari* X

Definisi 2.6 (Bain & Engelhardt, 1992)

Fungsi distribusi kumulatif gabungan atau CDF dari variabel random diskrit $(X = X_1, X_2, \dots, X_n)$ *adalah*

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = P[X_1 \leq x_1, X_2 \leq x_2, \dots, X_n \leq x_n] \tag{2.5}$$

Untuk setiap nilai $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ *dari* X

2.1.5.2 Distribusi Gabungan Kontinu

Definisi 2.7 (Bain & Engelhardt, 1992)

Diberikan Variabel random kontinu ($X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) maka fungsi distribusi kumulatif gabungannya yaitu

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \int_{-\infty}^{x_1} \int_{-\infty}^{x_2} \dots \int_{-\infty}^{x_n} (t_1, t_2, t_3, \dots, t_n) dt_1 dt_2 \dots dt_n \quad (2.6)$$

Untuk setiap nilai $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

Dengan:

$F(x_1, x_2, \dots, x_3)$: Fungsi distribusi kumulatif gabungan dari variabel random kontinu X

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_n = T$: Variabel random kontinu T

Definisi 2.8 (Bain & Engelhardt, 1992)

fungsi densitas probabilitas gabungan dari variabel random kontinu ($X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) yaitu:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\partial^n}{\partial x_1 \partial x_2 \dots \partial x_n} F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.7)$$

Dengan:

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$: Fungsi densitas probabilitas gabungan pada variabel random kontinu X

2.1.6 Distribusi Marginal

Definisi 2.9 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika (X, Y) *merupakan pasangan variabel random diskrit dengan pdf gabungan yaitu* $f(x, y)$ *maka pdf marginalnya dapat dirumuskan sebagai berikut*

$$f_1(x) = \sum_y f(x, y) \tag{2.8}$$

$$f_2(y) = \sum_x f(x, y) \tag{2.9}$$

Dengan:

$f_1(x)$	:	Pdf marginal dari variabel random X diskrit
$f_2(y)$	:	Pdf marginal dari variabel random Y diskrit
$f(x, y)$	:	Pdf gabungan dari variabel random X diskrit dan variabel random Y diskrit

Definisi 2.10 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika (X, Y) *merupakan pasangan variabel random kontinu dengan pdf bersama yaitu* $f(x, y)$ *maka pdf marginalnya dapat dirumuskan sebagai berikut*

$$f_1(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y)dy \tag{2.10}$$

$$f_2(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y)dx \tag{2.11}$$

Dengan:

$f_1(x)$: Pdf marginal dari variabel random X kontinu

$f_2(y)$: Pdf marginal dari variabel random Y kontinu

$f(x, y)$: Pdf gabungan dari variabel random X kontinu dan variabel random Y kontinu

2.1.7 Distribusi Bersyarat

Definisi 2.11 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X dan Y merupakan variabel random diskrit juga variabel random kontinu dengan $f(x, y)$ merupakan fungsi distribusi gabungan dari X dan Y maka fungsi densitas probabilitas bersyarat Y apabila $X = x$ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f(y|x) = \frac{f(x, y)}{f_1(x)}; \tag{2.12}$$

untuk nilai x yang memenuhi $f_1(x) > 0$

Dengan:

$f(y|x)$: Fungsi densitas probabilitas bersyarat Y apabila $X = x$

$f(x, y)$: Pdf gabungan dari variabel random X dan Y

$f_1(x)$: Pdf marginal dari variabel random X

2.1.8 Distribusi Normal

Distribusi Normal merupakan distribusi dengan variabel random kontinu. Distribusi Normal merupakan distribusi yang penggambaran perhitungan probabilitasnya dengan kurva yang berbentuk lonceng. Distribusi Normal juga dipengaruhi oleh nilai ekspektasi dan varians (Turyadi, 2013).

Definisi 2.12 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X merupakan variabel random dengan mean μ dan varians σ^2 akan berdistribusi normal jika fungsi densitasnya adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \qquad (2.13)$$

$untuk -\infty < x < \infty \; dengan -\infty < \mu < \infty \; dan \; 0 < \sigma < \infty$

Dengan:

$f(x)$	:	Fungsi densitas dari variabel random X
μ	:	Mean dari variabel random X
σ	:	Standar Deviasi dari variabel random X

Selanjutnya, pada distribusi Normal $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ dapat dibentuk suatu nilai $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$. Untuk $\mu = 0$ dan $\sigma = 1$ maka $z = x$. Sehingga, diperoleh nilai pdf nya yaitu dengan subtitusi $\mu = 0$, dan $\sigma = 1$ ke persamaan (2.13) maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varphi(\mathrm{z}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\mathrm{z}^2\right), \qquad (2.14)$$

$$\text{untuk} -\infty < \mathrm{z} < \infty$$

Dengan:

$\varphi(\mathrm{z})$: Pdf untuk distribusi Normal

Jika Z memiliki pdf pada persamaan (2.14) maka Z berdistribusi Normal Standar $Z \sim N(0, 1)$.

Definisi 2.13(Bain & Engelhardt, 1992)

Distribusi Normal memiliki CDF atau distribusi kumulatif yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Phi(\mathrm{z}) = \int_{-\infty}^{z} \varphi(s)ds \qquad (2.15)$$

Dengan:

$\Phi(\mathrm{z})$: CDF dari distribusi Normal

$\varphi(s)$: Pdf dari distribusi Normal

2.1.9 Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal merupakan distribusi yang variabel randomnya bernilai positif.

Definisi 2.14 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika variabel Y berdistribusi Lognormal dengan mean μ dan varians σ^2 maka pdf dapat dinyatakan sebagai:

$$f(y) = \begin{cases} \frac{1}{y\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{(\ln y - \mu)}{\sigma}\right)^2\right), y > 0 \\ 0, y \leq 0 \end{cases} \quad (2.16)$$

Dengan:

$f(y)$: Fungsi pdf untuk distribusi Lognormal

Variabel random Y akan dikatakan mempunyai distribusi Lognormal $Y \sim \ln(\mu, \sigma^2)$ jika dan hanya jika X berdistrbusi Normal dengan $X = \ln(Y) \sim N(\mu, \sigma^2)$

Selanjutnya CDF dari X adalah

$$F_x(x) = (\Pr(X \leq x) = \Phi\left[\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right] \quad (2.17)$$

Dengan:

Φ : Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi Normal standar $N \sim (0,1)$

$F_x(x) = (\Pr(X \leq x)$: CDF pada distribusi Lognormal

Teorema 2.15 (Bain dan Engelhardt, 1992)

Mean dari distrbusi Lognormal adalah

$$E[X] = e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2})} \quad (2.18)$$

Bukti.

Diketahui pada (Bain dan Engelhardt, 1992) Bahwa nilai ekspektasi dari suatu variabel random X adalah $E[X] = \int_0^\infty x f(x) dx$ dan diketahui pada (Bain dan Engelhardt,

1992) bahwa fungsi pdf dari distribusi lognormal adalah $f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}]}$

Diperhatikan bahwa:

$$E[X] = \int_0^\infty x f(x) dx$$

$$= \int_0^\infty x \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dx$$

$$= \int_0^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dx$$

Misal z=ln x maka $\mathrm{x} = \mathrm{e}^{\mathrm{z}}$, sehingga $\mathrm{dz} = \frac{\mathrm{dx}}{\mathrm{x}} \Longrightarrow \mathrm{dx} = \mathrm{e}^{\mathrm{z}}\mathrm{dz}$

Untuk x>0 dan $-\infty < \mathrm{z} < \infty$ maka

$$E[X] = \int_{-\infty}^\infty \frac{e^z}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(z-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dz$$

$$= \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[z-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dz$$

$$= \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(z-(\mu+\sigma^2))^2}{2\sigma^2}+\mu+\frac{\sigma^2}{2}]} dz$$

$$= e^{(\mu+\frac{\sigma^2}{2})} \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{z-(\mu+\sigma^2)}{\sigma}\right]^2} dz$$

Selanjutnya, misal $t = \frac{z-(\mu+\sigma^2)}{\sigma}$ maka $dt = \frac{dz}{\sigma} \Longrightarrow dz = \sigma dt$

Diperoleh

$$E[X] = e^{(\mu+\frac{\sigma^2}{2})} \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} \sigma dt$$

$$= e^{(\mu+\frac{\sigma^2}{2})} \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} \sigma dt$$

$$= e^{(\mu+\frac{\sigma^2}{2})}$$

Sehingga terbukti bahwa

$E[X] = e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2})}$

■

Teorema 2.16 (Bain dan Engelhardt, 1992)

Varians dari distrbusi Lognormal adalah

$$Var[X] = e^{(2\mu+\sigma^2)}(e^{\sigma^2} - 1) \qquad (2.19)$$

Bukti.

Cari nilai $E[X^2]$ lebih dahulu

Diketahui pada (Bain dan Engelhardt, 1992) Bahwa nilai ekspektasi dari suatu variabel random X adalah $E[X] = \int_0^\infty xf(x)dx$ sehingga $E[X^2] = \int_0^\infty x^2 f(x)dx$ diketahui pada (Bain dan Engelhardt, 1992) bahwa fungsi pdf dari distribusi lognormal adalah $f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(ln\, x-\mu)^2}{2\sigma^2}]}$

Diperhatikan bahwa:

$E[X^2] = \int_0^\infty x^2 f(x)dx$

$$= \int_0^\infty x^2 \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(ln\, x-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dx$$

$$= \int_0^\infty \frac{x}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(ln\, x-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dx$$

$$= \int_{-\infty}^\infty \frac{e^z}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[\frac{-(z-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dz$$

$$= \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[2z-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}]} dz$$

Selanjutnya dapat dituliskan

$$E[X^2] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[-\frac{-\left(z-(\mu+2\sigma^2)\right)^2}{2\sigma^2}+2\mu+2\sigma^2]} dz$$

$$= e^{(2\mu+2\sigma^2)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{z-(\mu+2\sigma^2)}{\sigma}\right]^2} dz$$

Misalkan $t = \frac{z-(\mu+\sigma^2)}{\sigma}$ maka $dt = \frac{dz}{\sigma} \Longrightarrow dz = \sigma \quad dt$ diperoleh

$$E[X^2] = e^{(2\mu+2\sigma^2)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} \sigma dt$$

$$= e^{(2\mu+2\sigma^2)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$$

$$= e^{\left(2\mu+2\sigma^2\right)}$$

Sehingga, varians distribusi Lognormal diperoleh

$$Var[X] = E[X^2] - (E[X])^2$$

$$= e^{\left(2\mu+2\sigma^2\right)} - (e^{\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)})^2$$

$$= e^{\left(2\mu+2\sigma^2\right)} - e^{\left(2\mu+\sigma^2\right)}$$

$$= e^{\left(2\mu+\sigma^2\right)}(e^{\sigma^2} - 1)$$

Sehingga terbukti bahwa

$$Var[X] = e^{\left(2\mu+\sigma^2\right)}(e^{\sigma^2} - 1)$$

■

2.1.10 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull diperkenalkan oleh fisikawan yang bernama Waloddi Weibull pada tahun 1939.

Distribusi Weibull adalah distribusi variabel kontinu yang berguna untuk analisis suatu kendala (Otaya, 2016).

Definisi 2.17 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X merupakan variabel random yang berdistribusi Weibull apabila pdfnya berbentuk sebagai berikut :

$$f(x;\lambda,k) = \begin{cases} \dfrac{k}{\lambda^k}(x)^{k-1}e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} & ,x > 0 \\ 0 & ,x \leq 0 \end{cases} \qquad (2.20)$$

Dengan:

k : Parameter bentuk (k>0)

x : Nilai pada variabel random X

λ : Parameter skala (λ>0)

f(x;λ,k) : Pdf untuk distribusi Weibull

Parameter bentuk merupakan parameter numerik menunjukkan bentuk kurva. Sementara parameter skala merupakan parameter yang menunjukkan besarnya distrbusi data (Otaya, 2016). CDF berdistribusi Weibull diperoleh dari integral terhadap fungsi pdfnya, sehingga CDF nya diperoleh sebagai berikut:

$$F(x;\lambda,k) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}, x > 0 \qquad (2.21)$$

Dengan:

$F(x;\lambda,k)$: CDF untuk distribusi Weibull

2.1.11 Distribusi Uniform

Distribusi Uniform merupakan distribusi yang memiliki peluang konstan. Konsep dari distribusi Uniform ini merupakan konsep yang menjadi bagian dari konsep metode copula.

Definisi 2.18 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X merupakan variabel random yang berdistribusi Uniform apabila pdfnya berbentuk sebagai berikut :

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a}, a \le x \le b \\ 0 \quad , x \text{ } lainnya \end{cases} \tag{2.22}$$

Notasi distribusi Uniform aadalah $X \sim U[a, b]$

Dengan:

$f(x)$: Pdf untuk distribusi Uniform

a, b : Batas untuk distribusi Uniform

Definisi 2.19 (Bain & Engelhardt, 1992)

Jika X merupakan variabel random yang berdistribusi Uniform apabila CDFnya berbentuk sebagai berikut:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , jika\ x < a \\ \displaystyle\int_a^x \frac{1}{b-a} dt = \frac{x-a}{b-a} & , jika\ a \le x \le b \\ 1 & , jika\ x > b \end{cases} \tag{2.23}$$

Dengan:

$F(x)$: CDF dari distribusi Uniform

2.1.12 Metode Copula

Metode Copula adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan hubungan antar variabel dan ketergantungan variabel satu sama lain. Copula lebih fleksibel digunakan karena mudah untuk menjelaskan hubungan yang tidak linier, mudah untuk membangun suatu sebaran bersama yang diakibatkan oleh sebaran marginal dari variabel random berbeda atau tidak diketahui (Scholzel dan Friederichs, 2008).

Metode Copula merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk data yang tidak berdistribusi Normal. Meskipun relatif fleksibel, metode ini tidak mengasumsikan normalitas data dan dapat digunakan untuk mengkonversi marginal ke distribusi berpasangan. Dalam statistik, Copula Bivariat dapat diartikan sebagai fungsi distribusi bivariat dengan marginal yang seragam.

2.1.13 Copula Vine

Copula Vine merupakan suatu Copula yang digunakan untuk mendeskripsikan multivariat Copula dalam bentuk grafik. Copula Vine muncul karena adanya standar multivariat Copula yang lain yang tidak fleksibel. Copula Vine juga dilakukan dalam dimensi yang lebih besar serta tidak adanya perbedaan struktur dipendensi antara pasangan variabel. Secara umum, Copula Vine terbagi menjadi 3 yaitu, R-vine, C-vine, D-vine. D-Copula Vine merupakan bentuk khusus dari R-Copula Vine yang digunakan untuk menentukan nilai dependensi, nilai parameter, hingga digunakan untuk mengestimasi nilai indeminitas.

2.1.13.1 Struktur Vine

Bedford dan Cooke (2001) memperkenalkan struktur untuk membuat pohon Copula atau *Vine tree* dengan cara menggambarkan grafik pcc atau *pair copula contruction* yaitu dengan membentuk pasangan - pasangan copula. Struktur dari pohon R-vine adalah sebagai berikut:

1. T_1 merupakan pohon dengan nodes N_1={1,...,d} dan himpunan dari edges E_1(densitas pasangan copula E_1) dimana d merupakan dimensi
2. Pada$j \geq 2$, T_j adalah pohon dengan node $N_j = N_j - 1$ dan edges E_j(densitas pasangan copula E_j).

3. Untuk j=2,...,d-1 dan {a,b} himpunanE_j harus memenuhi $|a \cap b| = 1$

Diketahui bahwa struktur dari D-Copula merupakan bentuk garis yang lurus karena setiap nodenya dipasangkan secara maksimal dengan 2 node yang lain. Dalam menentukan Copula ini kita harus menguji Copula Archimidian atau Copula Elliptical mana yang cocok untuk digunakan dengan menggunakan uji *Akaike Information Criterion* (AIC) dan Uji Baysian *Information Criterion* (BIC). Copula yang digunakan merupakan salah satu jenis dari Copula Archimidean. Copula Archimidean dipilih karena mudah dikontruksikam dan memungkinkan untuk membentuk model dependensi yang asimetrik.

2.1.14 Copula Archimedian

Definisi 2.20 (Nelsen, 2006)

Definisi Copula Archimidean Bivariate adalah

$$C(U_1, U_2) = \varphi^{-1}(\varphi(u_1) + \varphi(u_2)) \qquad (2.24)$$

fungsi φ *selanjutnya disebut pembangkit tegas (generator) dengan* φ*:*$[0,1] \rightarrow [0, \infty]$

Dengan:

(U_1, U_2) : Pasangan terurut dari suatu himpunan - himpunan data U_1 dan U_2

φ : Fungsi distribusi family Copula Archimidean

Selanjutnya dengan menggunakan aturan rantai dan fungsi invers dari fungsi Copula Archimedean, maka untuk persamaan umum h-invers untuk Copula Archimedean berdasarkan (Hidayat, 2018):

$$h^{-1}(u_1, u_2) = \varphi^{-1}((\varphi')^{-1}\left(u_1\varphi^{-1'}(\varphi^{-1})(u_2)\right) - \varphi(u_2)) \qquad (2.25)$$

Berikut ini merupakan jenis - jenis dari copula archimedian :

2.1.14.1 Copula Clayton

Copula Clayton memiliki fungsi distribusi gabungan yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$C(u_1, \dots, u_d) = \left[\left(\sum_{i=1}^{d} u_i^{-\theta}\right) - d + 1\right]^{\frac{1}{\theta}}, \theta > 0 \qquad (2.26)$$

Dengan:

d : Dimensi himpunan data

$C(u_1, \dots, u_d)$: Fungsi distribusi gabungan Copula

θ : Parameter pada distribusi Copula

Sehingga, Persamaan Copula Clayton untuk 2 dimensi ($d = 2$) adalah

$$C_\theta^{cl}(u_1, u_2) = (u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{\frac{-1}{\theta}}, \text{dengan } \theta \in [0, \infty). \quad (2.27)$$

(Nelsen, 2006)

Dengan:

u_1	:	Nilai pada himpunan data U_1
u_2	:	Nilai pada himpunan data U_2
θ	:	Parameter pada distribusi Copula
$C_\theta^{cl}(u_1, u_2)$	:	Fungsi distribusi gabungan 2 dimensi Copula Clayton

Selanjutnya, fungsi densitas gabungan dari Copula Clayton adalah

$$c(u_1, u_2) = \frac{(1+\theta)\left(u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1\right)^{-(\frac{1}{\theta}+2)}}{(u_1 u_2)^{\theta+1}} \quad (2.28)$$

Dengan:

u_1	:	Nilai pada himpunan data U_1
u_2	:	Nilai pada himpunan data U_2
θ	:	Parameter pada distribusi Copula
$c(u_1, u_2)$	:	Fungsi densitas gabungan Copula

2.1.14.2 Copula Gumbel

Persamaan distribusi gabungan Copula Gumbel adalah

$$C(u_1, \dots, u_d) = \exp\left\{\left[\sum_{i=1}^{d}(-\ln u_i)^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\}, \theta > 1 \qquad (2.29)$$

Dengan:

d : Dimensi himpunan data

$C(u_1, \dots, u_d)$: Fungsi distribusi gabungan Copula

θ : Parameter pada distribusi Copula

Persamaan Copula Gumbel secara umum yang dimensinya 2 ($d = 2$) adalah

$$C_{\theta}^{Gu}(u_1, u_2) = exp\left\{-\left[(-\ln u_1)^{\theta} + (-\ln u_2)^{\theta}\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\} \qquad (2.30)$$

(Nelsen,2006)

Dengan:

u_1 : Nilai pada himpunan data U_1

u_2 : Nilai pada himpunan data U_2

θ : Parameter pada distribusi Copula

$C_{\theta}^{Gu}(u_1, u_2)$: Fungsi distribusi gabungan 2 dimensi Copula Gumbel

Selanjutnya, fungsi densitas gabungan Copula Gumbel dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$c(u_1,u_2) = u_1^{-1}u_2^{-1}(-\ln u_1)^{\theta}\,(-\ln u_2)^{\theta}\left[(-\ln u_1)^{\theta} + (-u_2)^{\theta}\right)^{-2+\frac{1}{\theta}}[(-\ln u_1)^{\theta} + (-\ln u_2)^{\theta} + \theta - 1] \qquad (2.31)$$

Dengan:

u$_1$: Nilai pada himpunan data U_1

u$_2$: Nilai pada himpunan data U_2

θ : Parameter pada distribusi Copula

$c(u_1,u_2)$: Fungsi densitas gabungan Copula

2.1.14.3 Copula Frank

Persamaan Copula Frank secara umum yang dimensinya 2 adalah

$$C_{\theta}^{Fr}(u_1,u_2) = \frac{-1}{\theta}\ln\left(1 + \frac{(e^{-\theta u_1}-1)(e^{-\theta u_2}-1)}{(e^{-\theta}-1)}\right) \qquad (2.32)$$

(Nelsen, 2006)

Dengan

u$_1$: Nilai pada himpunan data U_1

u$_2$: Nilai pada himpunan data U_2

θ : Parameter pada distribusi Copula

$C_{\theta}^{Fr}(u_1,u_2)$: Fungsi distribusi gabungan 2 dimensi Copula Frank

Selanjutnya, fungsi densitas gabungan dari Copula Frank yaitu

$$c(u_1,u_2) = \frac{-\theta(e^{-\theta}(-\theta)-1)(1+e^{-\theta(u_1+u_2)}-1)}{[(e^{-\theta u_1}-1)+(e^{-\theta u_2}-1)+(e^{-\theta}-1)]^2} \qquad (2.33)$$

Dengan:

u_1 : Nilai pada himpunan data U_1

u_2 : Nilai pada himpunan data U_2

θ : Parameter pada distribusi Copula

$c(u_1, u_2)$: Fungsi densitas gabungan Copula

2.1.14.4 Copula Joe

Persamaan Copula Frank secara umum yang dimensinya 2 adalah

$$C_\theta^{Jo}(u_1, u_2) = -1 - \left[(1-u_1)^\theta + (1-u_2)^\theta - (1-u_1)^\theta (1-u_2)^\theta\right]^{\frac{1}{\theta}} \tag{2.34}$$

$C_\theta^{Jo}(u_1, u_2)$ = fungsi distribusi gabungan Copula Joe

Dengan:

u_1 : Nilai pada himpunan data U_1

u_2 : Nilai pada himpunan data U_2

θ : Parameter pada distribusi Copula

$C_\theta^{Jo}(u_1, u_2)$: fungsi distribusi copula clayton

2.1.15 Copula Elliptical

Copula Elliptical merupakan copula yang biasa dibutuhkan dalam dunia finansial dan manajemen risiko.

Definisi 2.21 (Mai dan Scherer, 2012)

Copula Eliptical didefinisikam sebagi copula yang berkaitan dengan distribusi Elliptical F.Copula ini merupakan bentuk analitik dari teorema scalar dari fungsi distribusi F. Secara umum bentuk copula Ellipticaal adalah sebagai berikut :

$$C(u_1, \dots, u_d) = F(F_1^{-1}(u_1), \dots, F_d^{-1}(u_d))$$
$$(u_1, \dots, u_d) \in [0,1]^d,$$

Dimana $F_n^{-1}, n = 1, \dots, d$ adalah fungsi inverse univariat

2.1.15.1 Copula Students'-t

Definisi 2.22 (Main dan Scherer, 2012)

Copula Students't, $C_t(u; P, v)$ *adalah copula dari* $X \sim t_d(0, P, v)$ *dimana P merupakan matriks korelasi. Copula t berdimensi d memiliki bentuk analitik sebagi berikut:*

$$C_t(u; P, v) = t_{P,v}(t_v^{-1}(u_1), \dots, t_v^{-1}(u_d)) \qquad (2.35)$$

Dimana $(u_1, \dots, u_d) \in [0,1]^d, t_{P,v}$ *adalah fungsi distribusi gabungan dari variabel random X dan* t_v^{-1} *adalah fungsi inverse dari distribusi marginal standar dari distribusi t dengan derajat kebebasan* v.

2.1.15.2 Copula Gaussian

Definisi 2.23 (Main dan Scherer, 2012)

Persamaan umum dari Copula Gaussian adalah

$$C_G(u;\mathcal{R}) = \Phi_{\mathcal{R}}(\Phi^{-1}(u_1),\dots,\Phi^{-1}(u_d)) \qquad (2.36)$$

Dimana $\Phi_{\mathcal{R}}$ adalah suatu fungsi distribusi gabungan dari Variabel random X dengan $X = (X_1,..,X_d)$ dan Φ^{-1} merupakan invers dari distribusi marginal dengan $(u_1,\dots,u_d) \in [0,1]^d$

2.1.16 Sampling Data Copula pada Struktur d =3

Jika terdapat suatu variabel random $U_1, U_2, U_3 \in [0,1]$, pembetukan data sampel berdasar (Mai dan Scherer, 2012) menggunakan Copula Vine dengan struktur Copula Vine $(d = 3)$ dapat dibentuk sampel W_1, W_2, dan W_3. Apabila nilai $W_3 = U_3$ dipunyai persamaan W_2 sebagai berikut:

$$W_2 = F_{2|1}^{-1}(U_2|W_1) = h^{-1}(U_2; W_1, \theta_{1,2}) \qquad (2.37)$$

2.1.17 Uji Korelasi Kendall Tau

Uji Korelasi Kendall Tau merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui korelasi pada hubungan non-linear antar variabel. Korelasi Kendall Tau digunakan untuk mengukur dependensi antar variabel. (Matteis, 2001). Ukuran dependensi antar variabel merupakan ukuran seberapa erat hubungan dua variabel.

Dipunyai $\binom{n}{2}$ pasangan (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) apabila terdapat sebanyak n vektor (XY) yaitu $[(x_1, y_1), (x_2, y_2)$,..., $(x_n, y_n)]$

Maka estimasi dari Korelasi Kendall Tau dapat didefinisikan sebagai

$$\tau = \frac{c-d}{c+d} = \frac{c-d}{\binom{n}{2}} \qquad (2.38)$$

Dengan:

c : Banyaknya pasangan konkordan

d : Banyaknya pasangan diskordan

n : Banyaknya data berpasangan

pasangan konkordan merupakan pasangan yang searah atau *agreements* sedangkan diskordan merupakan pasangan tidak searah atau *disagreements* (Siegel dan Castellan, 1988). Dalam hal ini, pasangan (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) dan $(x_i - y_i)\ (x_j - y_j) > 0$, $(x_i - y_i)\ (x_j - y_j) < 0$

2.1.18 Uji Kecocokan Distribusi Data

Untuk melihat karakteristik sebuah data dapat diuji menggunakan uji *Godness of fit* atau uji kecocokan distribusi data. Uji *Godness of fit* digunakan untuk mencari nilai mutlak dari selisih terbesar CDFnya. Apabila diberikan suatu variabel random $X_1 , X_2, \ldots , X_d$ dengan fungsi distribusi *F(x)* dan andaikan $F_0(x)$ adalah suatu fungsi distribusi tertentu yang akan diuji, maka hipotesis uji tersebut adalah

H_0= $F(x) = F_0(x)$ untuk semua x

H_1= $F(x) \neq F_0(x)$ untuk semua x

Selanjutnya persamaan dari uji Kolmogorv-Smirnov dapat ditampilkan sebagai berikut

$$T = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_d(x) - F_0(x)| \tag{2.39}$$

Dengan:

$F_d(x)$: Fungsi distribusi berdasarkan sampel random variabel $X_1 , X_2, \ldots , X_d$

$F_0(x)$: Fungsi distribusi teoritikal yang dicari

sup : Supremum (batas atas terkecil)

Dari Kolmogorov-Smirnov, hipotesis H_0 akan ditolak (artinya menerima H_1) jika $T > T_{d,\alpha}$ dengan $T_{d,\alpha}$ merupakan nilai kritis dari tabel statistik uji T

2.1.19 Uji Kecocokan Copula

Dalam menentukan mana Copula Archimedean yang cocok untuk digunakan menyelesaikan permasalahan terkait luas hasil panen tanaman padi, harga gabah, indeks curah hujan, dan indeks suhu permukaaan perlu dilakukan pengujian. Uji - uji yang biasa dilakukan antara lain; *Akaike Information Criterion* (AIC), *Bayesian Model Evaluation Criterion* (BIC), Korelasi Kendall. Model yang memiliki nilai AIC dan BIC yang paling rendah dapat mengindikasikan bahwa model tersebut merupakan model terbaik untuk menjelaskan variabel dependent (Konishi & Kitagawa, 2008)

2.1.19.1 Akaike information Criterion (AIC)

Akaike information Criterion (AIC) adalah uji yang dilakukan untuk mengestimasi kualitas dari setiap model dengan lainnya dengan menggunkan nilai AIC nya. Berikut ini merupakan cara untuk menghitung nilai AIC (Akaike, 1973)

$$AIC = -2(Log\ likelihood) + 2k \qquad (2.40)$$

Dengan:

Loglikehood	:	Fungsi yang menunjukkan propabilitas model yang menggambarkaan data
k	:	Jumlah parameter dari model

2.1.19.2 Bayesian Model Evaluation Criterion (BIC)

Berdasarkan formulanya, *Bayesian Model Evaluation Criterion* (BIC) tidak telalu berbeda dengan AIC atau *Akaike information Criterion* hanya *penalty* yang berbeda untuk jumlah parameternya yang membuat keduanya memiliki perbedaan. AIC dan BIC memiliki tugas yang berbeda akan tetapi bersesuaian untuk suatu pengolahan data. BIC sangat tepat digunakan dalam menyeleksi model dalam proses pengolahan data. Persamaan nilai BIC (Scahwarz, 1978) adalah sebagai berikut:

$$BIC = -2(Log\ likelihood) + ln\ Nk \quad (2.41)$$

Dengan:

Loglikehood	:	Fungsi yang menunjukkan propabilitas model yang menggambarkaan data
N	:	Jumlah data
k	:	Jumlah parameter dari model

2.1.20 Penentuan Harga Premi Asuransi

2.1.20.1 Data Berdasarkan Indeks Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu komponen penting dalam penanaman padi. curah hujan akan diamati selama 3-4 bulan (105-124 hari) sesuai dengan umur tanam padi atau satu periode tanam padi (BBPADI,2006). Curah hujan kumulatif tersebut akan diolah datanya agar dapat dimodelkan sehingga dapat dianalisis dalam perhitungan indeminitas. Peneliti menggunakan konsep dari (Adeyinka et al, 2006) dan (Stoppa & Hess, 2003) dalam membuat model asuransi pertanian tersebut. Persamaan yang digunakan untuk membuat optimasi bobot dari setiap periode adalah sebagai berikut:

$$C_i = \max\,[C_i^*, CP_i] \qquad (2.42)$$

Dengan:

C_i : Kuantitas curah hujan per bulan pada periode ke-i

C_i^* : Kuantitas curah hujan per bulan pada periode ke-i

CP_i : Batasan jumlah air hujan pada periode ke-i

i : Periode tanam padi

Dengan nilai C_i tersebut akan didapatakan C_t yaitu nilai indeks presipitasi kumulatif untuk setiap tahunnya sehingga untuk perkalian antar indeks pada tahun ke - t dengan ω_i pada periode i diperoleh

$$C_t = \sum_{i=1}^{n} \omega_i C_i \tag{2.43}$$

Dengan:

n : Waktu musim tanam padi

C_t : Nilai indeks presipitasi kumulatif curah hujan

t : Tahun tanam padi

Dengan ω_i merupakan nilai spesifik yang dipilih untuk membuat korelasi menjadi maksimal (Hidayat, 2018). Sehingga rumus korelasi maksimum adalah sebagai berikut :

$$maxcorr(C_t, Y) = \frac{a}{b} \tag{2.44}$$

Dengan:

$$a = \sum_{t=2008}^{2022} (C_t - \overline{C_t})(Y_t - \overline{Y_t})$$

$$b = \left[\sum_{t=2008}^{2022} (C_t - \overline{C_t})^2\right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{t=2008}^{2022} (Y_t - \overline{Y_t})^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

Dengan:

$\overline{C_t}$: Rata – rata nilai indeks presipitasi kumulatif curah hujan

Y_t : Luas hasil panen padi

$\overline{Y_t}$: Rata – rata luas hasil panen padi

2.1.20.2 Data berdasarkan Suhu Permukaan

Suhu permukaan merupakan salah satu komponen penting dalam penanaman padi. suhu permukaan akan diamati selama 3-4 bulan (105-124 hari) sesuai dengan umur tanam padi (BBPADI,2006). Suhu permukaan kumulatif tersebut akan diolah datanya agar dapat dimodelkan sehingga dapat dianalisis dalam perhitungan indeminitas. Peneliti menggunakan konsep dari (Adeyinka et al, 2006) dan (Stoppa & Hess, 2003) dalam membuat model asuransi pertanian tersebut. Persamaan yang digunakan untuk membuat optimasi bobot dari setiap periode adalah sebagai berikut:

$$S_i = \min\,[S_i^*, SP_i] \qquad (2.45)$$

Dengan:

S_i : Rata – rata suhu setiap bulan pada periode ke-i

S_i^* : Rata – rata suhu setiap bulan pada periode ke-i

SP_i : Batasan suhu pada periode ke-i

i : Periode tanam padi

Dengan nilai S_i tersebut akan didapatakan S_t yaitu nilai indeks presipitasi kumulatif untuk setiap tahunnya. sehingga untuk perkalian antar indeks pada tahun ke - t dengan ω_i pada periode i diperoleh

$$S_t = \sum_{i=1}^{n} \omega_i S_i \tag{2.46}$$

Dengan:

n : Waktu musim tanam padi

S_t : Nilai indeks presipitasi kumulatif suhu permukaan

t : Tahun tanam padi

Dengan ω_i merupakan nilai spesifik yang dipilih untuk membuat korelasi menjadi maksimal (Hidayat, 2018). Sehingga rumus korelasi maksimumnya adalah sebagai berikut:

$$maxcorr(S_t, Y) = \frac{c}{d} \tag{2.47}$$

Dengan:

$$c = \sum_{t=2008}^{2022} (S_t - \overline{S_t})(Y_t - \overline{Y_t})$$

$$d = \left[\sum_{t=2008}^{2022} (S_t - \overline{S_t})^2\right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{t=2008}^{2022} (Y_t - \overline{Y_t})^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

Dengan:

$\overline{S_t}$	:	Rata – rata nilai indeks presipitasi kumulatif suhu permukaan
Y_t	:	Luas hasil panen padi
$\overline{Y_t}$	:	Rata – rata luas hasil panen padi

2.1.20.3 Indeminitas atau nilai kerugian berbasis Indeks Curah Hujan dan Suhu permukaan

Indeminitas adalah batas pembayaran penanggungan risiko apabila terjadi gagal panen maka pihak asuransi atau pemberi asuransi tidak perlu melakukan pembayaran sesuai isi kontrak asuransi yang ada di polis. Persamaan Indeminitas atay nilai kerugian (Adeyinka et al, 2016; Stoppa & Hess, 2013) adalah sebagai berikut:

$$I^P = Bmax[\lambda(\hat{y} - y), 0] \qquad (2.48)$$

Dengan:

I^P : Nilai indeminitas atau Nilai kerugian

λ : Level pertanggungan (*coverage level*)

B : Nilai yang ditetapkan oleh perusahaan asuransi

$\hat{y}$: Tetapan hasil panen

y : Nilai hasil panen aktual

Nilai indeminitas berdasarkan indeks curah hujan yang peneliti adopsi dari peneliti terdahulu (Adeyinka et al, 2016; Stoppa & Hess, 2013) adalah sebagai berikut :

$$I^P = Liabilitas \times \begin{bmatrix} 0, jika\ C_t \geq C_\alpha \\ \frac{C_\alpha - C_t}{C_\alpha}, jika\ C_t < C_\alpha \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

Selanjutnya untuk pendapatan petani, diperoleh rumus berikut :

$$I = Liabilitas \times \begin{bmatrix} 0, jika\ C_t < C_\alpha \\ \frac{C_t - C_\alpha}{C_t}, jikaC_t \geq C_\alpha \end{bmatrix} \quad (2.50)$$

Dengan:

$Liabilitas$: nilai tetapan per hektar

C_t : Nilai indeks curah hujan

C_α : Nilai ambang batas curah hujan

I : Pendapatan petani

Sedangkan Nilai indeminitas berdasarkan indeks suhu permukaan yang juga peneliti adopsi dan modifikasi dari peneliti terdahulu (Hidayat, 2018) adalah sebagai berikut:

$$I^P = Liabilitas \times \begin{bmatrix} 0, jika\ S_t \leq S_\alpha \\ \dfrac{S_t - S_\alpha}{S_t}, jika\ S_t > S_\alpha \end{bmatrix} \qquad (2.51)$$

Selanjutnya untuk pendapatan petani, diperoleh rumus berikut:

$$I = Liabilitas \times \begin{bmatrix} 0, jika\ S_t > S_\alpha \\ \dfrac{S_\alpha - S_t}{S_\alpha}, jika\ S_t \leq S_\alpha \end{bmatrix} \qquad (2.52)$$

Dengan:

$Liabilitas$: Nilai tetapan per hektar

S_t : Nilai indeks suhu permukaan

S_α : Nilai ambang suhu permukaan

I : Pendapatan petani

Nilai liabilitas merupakan nilai yang diperoleh dari hasil kali produktivitas hasil tanaman padi dengan nilai rata – rata dari harga gabah. Jika diperoleh I^P atau nilai indeminitas lebih besar dari pendapatan petani atau I maka perusahaan asuransi harus membayar kerugian petani sebesar $(I^P - I)$

2.1.20.4 Deduktibel

Suatu perusahaan asuransi harus membayarkan kerugian petani apabila terjadi gagal panen. Dalam pembayaran klaim tersebut, terdapat suatu batas – batas yang harus dibayarkan. Batas dari jumlah yang harus dibayarkan oleh perusahaan kepada petani disebut deduktibel. Sehingga diperoleh deduktibel pembayaran terhadap kerugian sebagai berikut:

$$P^L = \begin{cases} 0, jika\ L \leq d \\ SL - L, jika\ d \leq L \leq SL \\ SL, jika\ L > SL \end{cases} \tag{2.53}$$

Dengan:

P^L : Nilai yang harus dibayarkan perusahaan asuransi saat terjadi kerugian

L : Besarnya kerugian

d, SL : Suatu batas *maximum* yang harus dibayarkan pihak pemberi asuransi

2.1.20.5 Perhitungan Harga Premi Asuransi

Penentuan harga premi asuransi apabila kerugian yang diderita lebih besar dari deduktibelnya didasarkan pada perhitungan nilai sekarang. Mengadaptasi konsep (Frensidy, 2010) maka persamaan nilai sekarang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z = bv^t P^L = be^{-rt} P^L \tag{2.54}$$

Dengan:

Z : Variabel random nilai sekarang

t : Jangka waktu asuransi pertanian

r : Nilai suku bunga

b : Variabel biner

P^L : Nilai yang harus dibayarkan perusahaan asuransi saat terjadi kerugian

Nilai t atau jangka waktu asuransi adalah 4 bulan sesuai dengan jangka waktu panen tanaman padi. Sementara b merupakan variabel biner yang bernilai antara 0 sampai 1, nilai 0 merupakan nilai dimana kejadian tidak terjadi, sementara nilai 1 merupakan nilai dimana kejadian yang terjadi. Premi asuransi yang harus dibayarkan petani kepada perusahaan asuransi didasarkan pada perhitungan rata – rata nilai sekarang. Sehingga, rata – rata nilai sekarang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E(Z) = E(be^{-rt} P^L) \tag{2.55}$$

Dengan:

$E(Z)$: Rata – rata nilai sekarang

t : Jangka waktu asuransi pertanian

r : Nilai suku bunga

b : Variabel biner

P^L : Nilai yang harus dibayarkan perusahaan asuransi saat terjadi kerugian

2.2 Kajian Penelitian yang Relevan

Beberapa peneliti terdahulu yang menjadi kajian pustaka, yakni membahas tentang perhitungan premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan dan indeks suhu permukaan menggunakan metode Copula

1. Penelitian yang dilakukan oleh A.A Dwi Marsita Anggraeni,dkk(2018) pada jurnal "Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode Burn Analysis" meneliti tentang Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode Burn Analysis

   Penelitian yang dilakukan oleh A.A Dwi Marsita Anggraeni,dkk ini menggunakan data data triwulan rata-rata produksi kakao di Kabupaten Jembrana dan data harian suhu permukaan rata-rata di Kabupaten Jembrana selama sepuluh tahun dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Data - data tersebut diolah menggunakan metode *Burn Analysis* untuk memperoleh premi asuransi pertanian yang harus dibayarkan.

Penilitian yang dilakukan oleh A.A Dwi Marsita Anggraeni, dkk menggunakan metode *Burn Analysis* sedangkan peneliti menggunakan metode Copula Vine dalam mengolah data.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Dina Erfiana, dkk (2020) pada jurnal " Penentuan Harga Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan dengan Model Black-Scholes". Dina Erfiana telah mengkaji tentang premi yang ditentukan berdasarkan curah hujan dan data produksi padi di Kabupaten Banjarnegara dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2018 dengan model *Black-Scholes*.

   Sama seperti penelitian sebelumnya (Erfiana, 2020), peneliti menggunakan indeks curah hujan mengolah data. Pada penelitian sebelumnya (Erfiana, 2020), menggunakan metode *Black-Scholes,* sedangkan peneliti menggunakan metode copula vine dalam mengolah data.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Apriyanto (2020) pada

jurnal "Penentuan Harga Premium Asuransi Tanaman Sagu di Kabupaten Luwu Menggunakan Copula FGM". Apriyanto meneliti tentang harga premium asuransi yang ideal untuk tanaman Sagu di Kabupaten Luwu Menggunakan model Copula FGM berdasakan luas lahan tanaman sagu di Kabupaten Luwu pada tahun 2019.

Penelitian yang dilakukan oleh Apriyanto (2020) menggunakan data luas hasil panen dan harga gabah akan tetapi tidak menggunakan data indeks curah hujan seperti yang peneliti gunakan. Selain itu, metode yang digunakan oleh Apriyanto (2020) adalah metode Copula FGM sementara peneliti menggunakan metode Copula Vine.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Agus Sofian Eka Hidayat (2018) pada tesis “Perhitungan Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan Dengan Copula Vine”. Agus Sofian Eka Hidayat telah mengkaji tentang premi yang ditentukan berdasarkan curah hujan, harga gabah dan data produksi padi di Kecamatan Dlingo Kabupaten Bantul dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2018 dengan model Copula Vine.

Penelitian yang dilakukan oleh Agus Sofian Eka Hidayat (2018) menghitung premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan. Sedangkan, peneliti menghitung premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan dan menghitung premi asuransi berdasarkan indeks suhu permukaan. Setelah itu, peneliti membandingkan premi keduanya.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Penelitian ini akan menghitung premi asuransi pertanian tanaman padi berdasarkan indeks curah hujan dan suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen. Data yang akan digunakan adalah data luas hasil produksi tanaman padi Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen tahun 2008-2022, data indeks curah hujan Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen tahun 2008-2022, data suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen tahun 2008-2022, Harga gabah di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen tahun 2008-2022, dan data produktivitas padi Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022 yang diteliti menggunakan model Copula Vine.

3.2 Sumber Data

Data dari penelitian ini merupakan data sekunder. Dalam penelitian ini, data diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kabupaten Sragen dan Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022. Data luas hasil produksi tanaman padi di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen, harga gabah di

Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen, produktivitas padi di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen yang diperoleh dari BPS Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022 dan data suhu permukaan rata-rata Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022, dan data curah hujan Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022 yang diperoleh dari BMKG Kabupaten Sragen.

3.3 Analisis Data

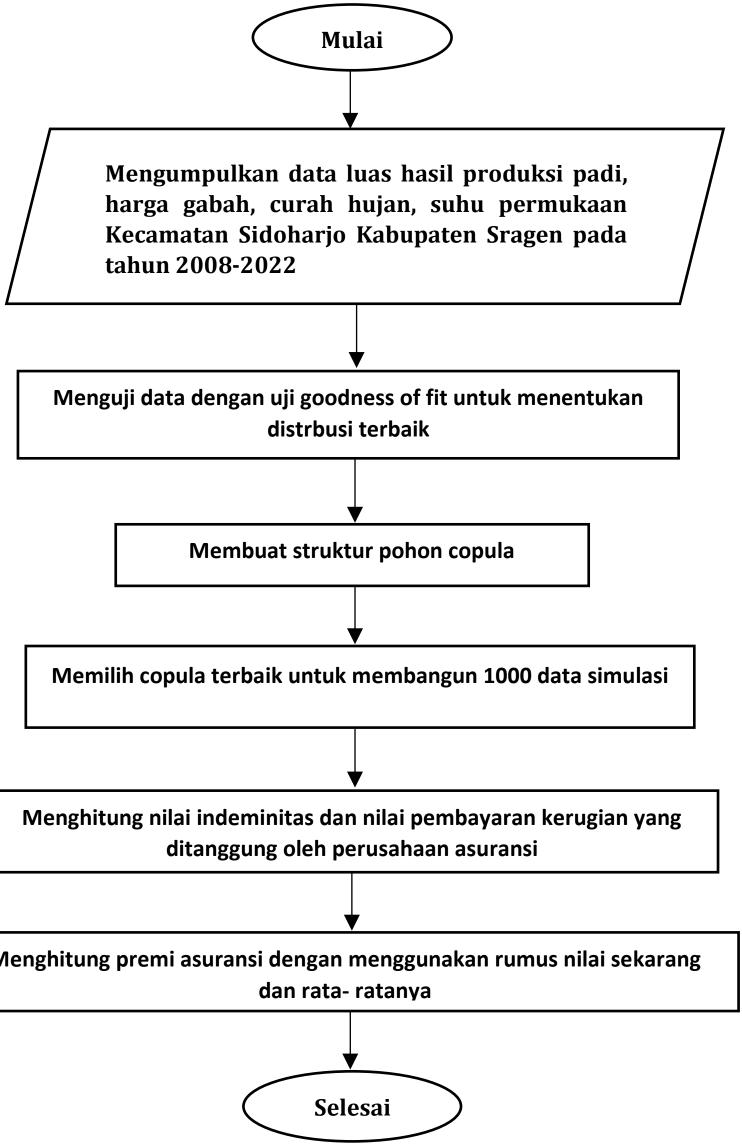
Penelitian ini menggunakan *software R* dan *Microsoft Excel* dalam mengolah data. Langkah – langkah untuk menentukan premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan dan indeks suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen dengan metode Copula adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data luas hasil produksi tanaman padi, harga gabah, data curah hujan, dan data suhu permukaan di Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022
2. Menguji data dengan uji statistik Godness of fit untuk menentukan distribusi terbaik
3. Membuat struktur pohon Copula Vine sesuai pada subbab 2.1.13.1

4. Memilih Copula terbaik berdasarkan nilai BIC sesuai dengan persamaan (2.41)
5. Menghitung nilai indeminitas berdasarkan curah hujan dan suhu permukaan menggunakan persamaan (2.49) & (2.51)
6. Menghitung nilai pembayaran kerugian oleh perusahaan asuransi menggunakan persamaan (2.53)
7. Menghitung premi asuransi yang harus dibayarkan menggunakan persamaan dengan metode Copula berdasarkan curah hujan dan suhu permukaan menggunakan persamaan (2.55)

3.4 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Premi Asuransi Pertanian Berdasarkan Curah Hujan

4.1.1 Distribusi Data Terbaik

Langkah pertama dalam menentukan distribusi terbaik data adalah mencari korelasi antar data dalam penelitian. Data yang akan diuji merupakan data pada Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022. Data – data tersebut meliputi data luas hasil panen (Y), harga gabah (P), indeks curah hujan (C) yang telah diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.42), (2.43). Uji yang dilakukan untuk mengolah data tersebut adalah uji Korelasi Kendall Tau sesuai pada subbab 2.1.17 dengan hipotesis ujinya adalah:

H_0 = Hubungan antara variabel satu dan lainnya tidak kuat

H_1 = Hubungan antara variabel satu dan lainnya kuat.

Dengan keputusan menolak H_0 apabila diperoleh *p-value* kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan (*p-value* < α). Dalam penelitian ini taraf signifikan yang digunakan adalah 5%. Dengan menggunakan *software R* untuk mencari korelasi antar data, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Uji Korelasi Kendall Data P, Y, C

	P	Y	C
P	-	T=318; *p-value*= 0,0002263; tau=0,462069	T=276; *p-value*= 0,0377; tau=0,2689655
Y	T=318; *p-value*= 0,0002263; tau=0,462069	-	T=283; *p-value*= 0,01943; tau =0,3011494
C	T=276; *p-value*= 0,0377; tau=0,2689655	T=283; *p-value*= 0,01943 ; tau=0,3011494	-

Berdasarkan Tabel 4.1 maka antara harga gabah dengan curah hujan, hasil luas panen dengan curah hujan, harga gabah dengan hasil luas panen memiliki hubungan yang kuat karena memiliki *p-value* <0,05.

Berdasarkan hasil uji statistik pada Tabel 4.1, peneliti selanjutnya akan memilih distribusi yang baik untuk data. Merujuk pada penelitian terdahulu (Hidayat, 2018) maka peneliti menggunakan dua asumsi yakni distribusi Weibull dan Lognormal. Data harga gabah (P), hasil luas panen (Y), dan indeks curah hujan (C) diuji menggunakan uji *Godness of Fit Kolmogorv-Smirnov test.* Uji tersebut merupakan uji untuk mengetahui data yang diperoleh berdistribusi sama dengan asumsi berdasarkan peneliti terdahulu (Hidayat, 2018) dan (Ginting, 2014). Hipotesis uji tersebut adalah:

Hipotesis Uji:

H_0= $F(x) = F_0(x)$ untuk semua x

H_1= $F(x) \neq F_0(x)$ untuk semua x

dengan kesimpulan akan menolak H_0 apabila diperoleh p-value kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan (*p-value* < α). Apabila H_0 ditolak maka H_1 diterima yang artinya data tidak berdistribusi sama dengan asumsi yaitu Lognormal dan Weibull. Sebaliknya apabila H_0 diterima artinya data berdistribusi sama dengan asumsi yaitu Lognormal dan Weibull. Dengan menggunakan *software* R untuk menguji data tersebut, maka diperoleh Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai Parameter, AIC, dan BIC Data P, Y, C

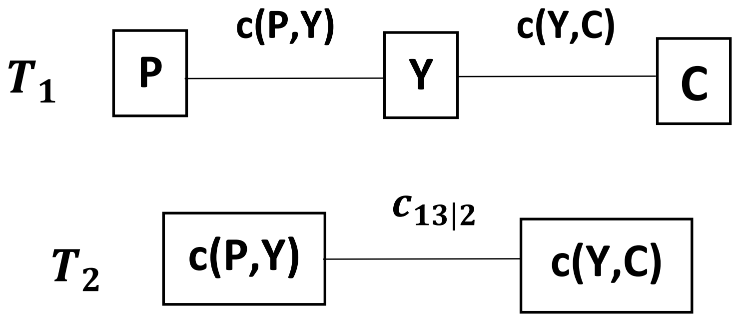
Variabel	Distribusi	Parameter	AIC	BIC	Kolmogorv-Smirnov
P	Lognormal	μ=8,3912827 σ=0,01947846	458,3424	461,1448	*p-value*= 0,98052154
	Weibull	k=9,752585; λ=4651,750706	462,2738	465,0762	*p-value*= 0,8676018
Y	Lognormal	μ=8,42611104 σ=0,04468639	408,2178	411,0202	*p-value*= 0,9918414

					19
	Weibull	k=24,58723 λ= 4666,69054	410,0135	412,8159	*p-value*= 0,6576555
C	Lognormal	μ=6,4278408 ; σ=0,3772034	416,3085	419,1109	*p-value*= 0,9311323 9
	Weibull	k=2,597969 ; λ= 747,321473	421,781	424,5834	*p-value*= 0,6662803

Berdasarkan tabel 4.2, Karena *p-value* >0,05 untuk setiap uji Kolmogorv-Smirnov pada setiap distribusi Lognormal maupun Weibull maka H_0 diterima artinya distribusi sama antara distribusi Lognormal dan Weibull. Data hasil luas panen, harga gabah, dan curah hujan berdistribusi sama dengan distribusi Lognormal dan Weibull. Selanjutnya, Karena nilai AIC dari pengujian *Goodnes of fit* dari data luas hasil panen, harga gabah, dan curah hujan pada distribusi Lognormal lebih rendah dibandingkan distribusi Weibull maka hasil tersebut menunjukkan bahwa data lebih dekat pada distribusi Lognormal. Oleh karena itu, peneliti mengasumsikan data berdistribusi Lognormal.

4.1.2 Struktur Pohon Copula Vine

Struktur pohon Copula dapat direpresentasikan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Struktur pohon Copula Berdasarkan Indeks Curah Hujan

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas dapat diketahui, P merupakan variabel random dari harga gabah Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen, Y merupakan variabel random dari luas hasil panen Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen, C merupakan variabel indeks curah hujan Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen. Struktur pohon copula tersebut terbentuk dari bentuk D-Vine Copula dengan $d = 3$ dan pada pohon pertama terdapat nodes $P, Y,$ dan C yang diberi label 1, 2, dan 3 sehingga membentuk pasangan densitas Copula

$c_{12}(P,Y), c_{23}(Y,C)$. Selanjutnya pasangan densitas copula $c_{12}(P,Y), c_{23}(Y,C)$ akan menjadi nodes pada pohon kedua sehingga membentuk $c_{13|2}(F_{1|2}(p,y), F_{3|2}(y,c))$

4.1.3 Data dalam Bentuk Distribusi Uniform [0,1]

Distribusi Uniform merupakan distribusi yang digunakan dalam model Copula. Pada uji statistik pada subabab 4.1.1, diketahui data berdistribusi Lognormal sehingga perlu dirubah bentuknya menjadi data yang berdistribusi Uniform menggunakan *software R*. Hasil transformasi data dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Transformasi ke Data berdistribusi Uniform dari Data P, Y, C yang Berdistribusi Lognormal

No	u_1	u_2	u_3
1	0,976590308	0,871613831	0,632851031
2	0,96975529	0,847698242	0,495381909
3	0,913997273	0,967149117	0,738689063
4	0,872615633	0,479031611	0,380725258
...	...	...	...
29	0,068921836	0,068332894	0,565946756
30	0,091644905	0,142784532	0,33051999

Dimana u_1 merupakan variabel random untuk harga gabah, u_2 merupakan variabel random untuk luas hasil panen, u_3 merupakan variabel random untuk curah hujan. Selanjutnya, nilai – nilai ini akan digunakan untuk menentukan model Copula terbaik.

4.1.4 Copula terbaik pada pohon copula pertama T_1

Untuk menentukan copula terbaik yang digunakan dalam pengoperasian dalam metode ini maka dilakukan beberapa uji. Salah satu uji yang dilakukan adalah uji independenitas bivariat. Hipotesis uji independen bivariat adalah:

Uji hipotesis:

H_0: X dan Y saling independen

H_1: X dan Y tidak saling independen

Dengan X dimisalkan himpunan data pertama dan Y dimisalkan himpunan data kedua. Dengan menolak H_0 apabila diperoleh *p-value* kurang dari taraf signifikan (α = 5%) (*p-value* < 0,05). Berikut merupakan hasil uji independenitas bivariat yang diuji menggunakan *software* R:

Tabel 4.4 Uji Independensi dari Hasil Tabel 4.3

Hasil	(u_1, u_2)	(u_2, u_3)	(u_1, u_3)
Statistik	0,0003357282	0,01943008	0,03685194
p-value	3,586047	2,337175	2,087401

Pada Tabel 4.4 diperoleh hasil jika pada uji independen bivariat dari data u_1 dengan u_2, u_2 dengan u_3, dan u_1 dengan u_3 diperoleh *p-value* < 0,05 atau 5% maka H_0 ditolak sehingga H_1 diterima artinya data pada setiap pasangan tidak saling independen satu sama lain. Selanjutnya, model copula terbaik dipilih dengan melihat BIC yang paling kecil. Nilai BIC dipilih karena pada sampel kecil, AIC lebih *overfit* pada Coopula dengan dua parameter. Misalkan parameter 1 = θ, parameter 2 = ϑ maka diperoleh nilai parameter, AIC, BIC, Longlikehood dan Kendall Tau u_1, u_2 yang diuji menggunakan *software R* sebagai berikut:

Tabel 4.5 Nilai Parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_1, u_2

no	nama copula	θ	ϑ	AIC	BIC	Log	Tau
1	Gaussian	0,54		-8,4	-6,99	5,2	0,36
2	Student t	0,59	2,97	-10,48	-7,68	7,24	0,4
3	Clayton	0,97		-9,02	-7,62	5,51	0,33
4	Gumbel	1,65		-10,02	-8,62	6,01	0,39
5	Frank	4,34		-10,78	-9,37	6,39	0,41
6	Joe	1,81		-8,05	-6,65	5,03	0,31

Pada Tabel 4.5 diatas diketahui, Copula Students'-t memiliki nilai BIC yaitu -7,68 sehingga Copula Students'-t merupakan copula terbaik untuk dependensasi antara harga gabah dan luas hasil panen dari golongan Copula Ellipictal karena memiliki nilai BIC yang paling kecil. Sedangkan Copula Frank merupakan jenis copula yang terbaik dari golongan Archimedean karena memiliki nilai BIC paling kecil yaitu -9,37. Oleh Karena itu, Secara Keseluruhan Copula Frank merupakan Copula yang terbaik yang digunakan. Copula Frank memiliki nilai parameter θ = 4,34. Selanjutnya untuk nilai parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_2, u_3 yang diuji menggunakan *software R* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Nilai Parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_2, u_3

no	nama copula	θ	ϑ	AIC	BIC	Log	Tau
1	Gaussian	0,36		-2,25	-0,85	2,13	0,24
2	Student t	0,35	30	0,48	3,29	1,76	0,23
3	Clayton	0,47		-1,89	-0,49	1,95	0,19
4	Gumbel	1,24		-0,87	0,53	1,44	0,2
5	Frank	2,57		-3,07	-1,67	2,54	0,27
6	Joe	1,34		-0,3	1,1	1,15	0,16

Pada Tabel 4.6 diatas diketahui, copula Gaussian memiliki nilai BIC -0,85 yang merupakan nilai BIC paling kecil dari jenis copula Ellipictal lainnya. Oleh karena itu, Copula Gaussian merupakan Copula terbaik untuk dependensasi antara harga gabah dan luas hasil panen dari golongan Copula Ellipictal. Sedangkan Copula Frank merupakan jenis Copula yang terbaik dari golongan Archimedean karena memiliki nilai BIC paling kecil yaitu -3,07. Oleh Karena itu, Secara Keseluruhan Copula Frank merupakan Copula yang terbaik yang digunakan. Copula Frank memiliki nilai parameter θ = 2,57. Selanjutnya untuk nilai parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau U_1, U_3 yang diuji menggunakan *software R* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Nilai Parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_1, u_3

no	nama copula	θ	ϑ	AIC	BIC	Log	Tau
1	Gaussian	0,24		0,2	1,6	0,9	0,16
2	Student t	0,24	30	2,66	5,46	0,67	0,15
3	Clayton	0,18		1,19	2,59	0,4	0,08
4	Gumbel	1,11		1,5	2,91	0,25	0,1
5	Frank	1,78		-0,42	0,98	1,21	0,19
6	Joe	1,04		1,98	3,38	0,01	0,02

Pada Tabel 4.7 diatas diketahui, Copula Gaussian memiliki nilai BIC paling kecil dari jenis Copula Ellipictal lainnya yaitu 1,6. Oleh karena itu, Copula Gaussian merupakan Copula terbaik untuk dependensasi antara harga gabah dan luas hasil panen dari golongan Copula Ellipictal. Sedangkan Copula Frank merupakan jenis copula yang terbaik dari golongan karena memiliki nilai BIC paling kecil yaitu -0,98. Oleh Karena itu, Secara Keseluruhan Copula Frank merupakan Copula yang terbaik yang digunakan. Copula Frank memiliki nilai parameter θ = 1,78. Berdasarkan copula yang terpilih dengan menggunakan *software R* maka dihasilkan nilai Pdf dan CDF sebagai berikut:

Tabel 4.8 nilai Pdf dan CDF u_1, u_2, u_3

No	Pdf (u_1, u_2)	Pdf(u_2, u_3)	CDF(u_1, u_2)	CDF (u_2, u_3)
1	2,4784427473	1,17502696	0,858046	0,5844819
2	2,2548772667	0,9264466	0,8317796	0,4575464
3	2,8601060078	1,42644396	0,8910181	0,722891
4	0,6982730251	1,12311028	0,4638257	0,253336
...	...	...	...	...
29	2,7856760846	0,72646285	0,0160345	0,0558369
30	2,2189676936	1,25796533	0,0384181	0,082171

Setelah diperoleh Pdf dan Cdf dari copula terbaik pada 4.8. Selanjutnya akan dibentuk $F_{1|2}(u_1, u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3, u_2)$ pada T_2

4.1.5 Copula terbaik pada pohon copula kedua (T_2)

Penentuan Copula terbaik yang menggambarkan $c_{1,3|2}$ pada T_2 dapat dilakukan dengan cara menentukan terlebih dahulu $F_{1|2}(u_1, u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3, u_2)$ berdasarkan Copula terbaik pada T_1 . Dengan menggunakan *software* R maka diperoleh nilai $F_{1|2}(u_1, u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3, u_2)$ pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai $\boldsymbol{F_{1|2}(u_1, u_2)}$ dan $\boldsymbol{F_{3|2}(u_3, u_2)}$

No	$F_{1\|2}(u_1\|u_2)$	$F_{3\|2}(u_3\|u_2)$
1	0,941504442	0,854502496
2	0,931535185	0,871366416
3	0,714504552	0,953193506
4	0,92694902	0,552737227
...	...	...
29	0,208644411	0,046978483
30	0,211312392	0,175705503

Selanjutnya, dilakukan uji independenitas untuk menguji bahwa nilai $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan nilai $F_{3|2}(u_3|u_2)$ idenpenden atau tidak independen

Hipotesis:

H_0: $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3|u_2)$ saling independen

H_1: $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3|u_2)$ tidak saling independen

Analisis Hasil Uji statistik:

Dari uji independen diperoleh nilai *p-value* yaitu 0,9857657 yang berarti nilai *p-value* > 0,05 sehingga H_0 diterima sehingga $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3|u_2)$ saling independen. Sehingga $c_{1,3|2}$ diasumsikan independent, yang berakibat

$$c_{1,3|2}\left(F_{1|2}(u_1|u_2), F_{3|2}(u_3|u_2); \theta_{1,3|2}\right) = 1$$

Artinya syarat pembentukan $c_{1,3|2}$ pada T_2 terpenuhi. Setelah itu, akan ditetapkan data harga gabah, hasil panen dan curah hujan berdasarkan Copula terbaik yang telah terpilih.

4.1.6 Penetapan Data Harga Gabah, Hasil Panen, Curah Hujan Berdasarkan Data Simulasi

Untuk menentukan data harga gabah, data hasil panen, dan data curah hujan maka, peneliti membentuk data simulasi sejumlah 1000 untuk setiap pasangan data. Untuk pasangan data harga gabah dan data hasil panen maka akan dibentuk data simulasi menggunakan jenis Copula dari keluarga Archimedean yaitu Copula Frank dengan parameter $\theta = 4{,}34$. Hasil dari pembangunan data sejumlah 1000 tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.10 Data Simulasi Berdasarkan Copula Frank $\boldsymbol{\theta = 4,34}$

No	U_1	U_2
1	0,395509279	0,667381211
2	0,038137594	0,162413776
3	0,753992667	0,578141726
4	0,567742078	0,746561933
5	0,373079192	0,907124428
….	…	…
999	0,607992224	0,997721886
1000	0,059823073	0,365409665

Selanjutnya, Pada pasangan data luas hasil panen dan data indeks curah hujan juga akan dibentuk data simulasi berdasarkan Copula Frank dengan parameter $\theta = 2{,}57$

Tabel 4.11 Data Simulasi Berdasarkan Copula Frank $\boldsymbol{\theta = 2,57}$

No	U_2	U_3
1	0,749510967	0,563052318
2	0,165938946	0,351249613
3	0,654988238	0,591768478
4	0,29911291	0,343059354
5	0,741218075	0,821338092
….	…	…
999	0,346169674	0,122738105
1000	0,756122526	0,73295381

Setelah mendapatkan data simulasi, selanjutnya data pada tabel 4.10 dan tabel 4.11 akan dirubah bentuknya mengikuti distribusi data asalnya yaitu distribusi Lognormal. Data tersebut diubah dengan menggunakan fungsi invers dari distribusi Lognormal dengan menggunakan data mean dan standar deviasi pada tabel 4.2, sehingga didapatkan pasangan data (P, Y) dan (Y, C) dengan menggunakan *software Microsoft excel* sebagai berikut:

Tabel 4.12 Data Pasangan $(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{Y})$ dan $(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{C})$

No	P	Y	Y	C
1	4386	4654	4704	657
2	4259	4368	4371	536
3	4468	4605	4647	675
4	4423	4702	4458	531
…	…	…	…	…
999	4432	5182	4485	399
1000	4277	4495	4708	782
Rata-rata	4408	4567	4565	668

Berdasarkan hasil yang termuat pada Tabel 4.12, terdapat dua pasang data yaitu (P, Y) dan (Y, C). Data P pada pasangan (P, Y) masih terdapat kaitannya dengan data pasangan (Y, C). Sehinga perlu dicari P yang berkaitan dengan data pasangan (Y, C) karena pada Tabel 4.12, data P merupakan data simulasi yang tidak terpengaruh data (Y, C).

Peneliti membangun data dengan membentuk $W_3 = U_3, W_2 = U_2\ dan\ W_1$=$F_{1|2}^{-1}(U_1|W_2)$ sesuai dengan persamaan (2.37). Sehingga, peneliti mengambil data

U_2, U_3 dari pasangan (U_2, U_3) dan U_1 dari pasangan (U_1, U_2) dan dengan menggunakan *software R* maka diperoleh:

Tabel 4.13 Pembentukan Data Sampel

No	P	Y	C
1	4627	4704	657
2	4156	4371	536
3	4737	4647	675
4	4509	4458	531
…	…	…	…
999	4543	4485	399
1000	4412	4708	782
Rata-rata	4565	4565	668

Pada Tabel 4.13, data P terbentuk berdasarkan pasangan data (Y, C) artinya data curah hujan (C) yang mempengruhi luas hasil panen (Y) pada pasangan data (Y, C) juga mempengaruhi harga gabah (P) karena harga gabah juga terpengaruh dari luas hasil panennya. Selanjutnya akan dihitung premi asuransi pertanian biasanya.

4.1.7 Premi Asuransi Pertanian Biasa

Perhitungan premi asuransi pertanian biasa menggunakan data tabel 4.14 yang meliputi data harga gabah, luas hasil panen, dan data curah hujan. Selain itu, digunakan data rata – rata produktivitas tanaman padi tahun 2008-2022 yaitu 6150 kg/ha. Menggunakan data rata – rata harga gabah Rp.4565/kg, data rata – rata luas hasil panen yaitu 4565 ha maka diperoleh nilai pendapatan total yaitu Rp.128.167.570.693 yang dijadikan nilai indeminitas (I^P) atau nilai batas yang dibayarkan perusahaan kepada petani apabila terjadi kerugian dalam perhitungan asuransi biasa. Adapun pendapatan petani, dan nilai pembayaran kerugian sesuai dengan harga gabah dan luas hasil panen dapat dijabarkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.14 Nilai Pendapatan dan Pembayaran Kerugian

No	Harga Panen (Rp/Kg)	Luas Panen (ha)	Pendapatan (I)	Pembayaran Kerugian (P^L)
1	4627	4704	Rp133.857.523.969	Rp0
2	4156	4371	Rp111.709.075.957	Rp16.458.494.736
3	4737	4647	Rp135.386.087.206	Rp0
4	4509	4458	Rp123.631.021.096	Rp4.536.549.597

...	...	...	...	...
999	4543	4485	Rp125.309.563.650	Rp2.858.007.043
1000	4412	4708	Rp127.760.593.579	Rp406.977.114

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dilihat nilai pendapatan petani dan pembayaran kerugian yang dibayarkan perusahaan berdasarkan harga panen dan luas hasil panennya.

Tahap selanjutnya setelah diperoleh nilai pendapatan dan pembayaran kerugian pada Tabel 4.14. Peniliti menggunakan suku bunga (r) sebesar 5% untuk memperoleh nilai sekarang sesuai dengan perhitungan pada persamaan (2.54). Selanjutnya, sebagai *net single premium* atau premi tunggal bersih per hektar yang merupakan rata rata dari nilai sekarang yang diperoleh dari persamaan (2.55). Adapun nilai-nilai tersebut dapat dijabarkan pada Tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Tetapan Nilai Premi Asuransi Pertanian Biasa Berdasarkan Data Indeks Curah Hujan

Target Pendapatan total	Net Single Premium total	Target Pendapatan per Hektar	Net single Premium per Hektar
Rp128.167.570.693	Rp3.287.651.824	Rp28.073.594	Rp720.121

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dilihat jika premi yang harus dibayarkan petani adalah Rp.720.121/ha/musim tanam. Apabila petani mengalami kerugian, perusahaan harus membayar sesuai target pendapatan yaitu Rp.28.073.594/ha/musim tanam.

Setelah mendapatkan premi dengan perhitungan biasa akan dihitung pula premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan.

4.1.8 Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan

Konsep perhitungan premi asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan didasarkan pada indeks curah hujan itu sendiri. Nilai C_α dijadikan patokan perusahaan asuransi untuk menentukan premi. C_α juga digunakan untuk menentukan indeminitas (I^P) untuk setiap nilai indeks curah hujan. Sehingga nilai indeminitas tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai pembayaran kerugian yang harus dibayarkan oleh pihak perusahaan asuransi.

Peneliti menetapkan beberapa C_α untuk dihitung preminya. Nilai ambang batas yang dipilih peneliti didasarkan pada penelitian sebelumnya. Nilai ambang batas tersebut antara lain $C_{0,05} = 326$, $C_{0,2} = 449$,

$C_{0,3} = 506, C_{0,4} = 557$. Peneliti menggunakan data rata – rata produktivitas panen padi yaitu 6150 kg/ha, rata – rata harga gabah yaitu Rp.4565/kg, dan rata – rata luas hasil panen padi yaitu 4565 ha sesuai pada table 4.13 untuk menghitung nilai indeminitas kemudian menentukan nilai pembayaran kerugian serta premi yang hasrus dibayarkan petani. Berikut merupakan nilai indeminitas dengan nilai ambang batas curah hujan $C_{0,4} = 557$ adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Nilai Indeminitas per hektar

No	C_t	Indeminitas (I^P)
1	657	Rp0
2	536	Rp1.068.310
3	675	Rp0
4	531	Rp1.293.293
...		
999	399	Rp7.947.481
1000	782	Rp0
Rata-rata	668	Rp2.398.938

Berdasarkan Tabel 4.16 diperoleh nilai indeminitas berdasarkan indeks curah hujan. Selanjutnya, rata – rata dari (I^P) yaitu sebesar Rp.2.398.938 dijadikan sebagai batas pembayaran perusahaan asuransi untuk membayar petani bila ada kerugian. Kemudian, untuk nilai pendapatan petani pada $C_t < C_\alpha$ maka pendapatan petani dianggap 0 sesuai pada persamaan (2.50). Sedangkan, untuk pembayaran kerugian petani diperoleh dari persamaan (2.53). Oleh karena itu, diperoleh nilai pendapatan dan pembayaran kerugian sebagai berikut:

Tabel 4.17 Nilai Pendapatan Petani dan Nilai Pembayaran Kerugian

No	Pendapatan	Pembayaran Kerugian (P^L)
1	Rp4.273.561	Rp0
2	Rp0	Rp2.398.938
3	Rp4.923.328	Rp0
4	Rp0	Rp0
…		
999	Rp0	Rp2.398.938
1000	Rp8.087.841	Rp0

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat dilihat pendapatan petani dan pembayaran kerugian oleh perusahaan asuransi. Nilai Premi ditentukan dengan menggunakan rata – rata nilai sekarang. Peneliti menggunakan hasil perhitungan Pembayaran kerugian untuk menentukan nilai sekarang sesuai dengan persamaan (2.54) Perhitungan nilai sekarang menggunakan nilai $r = 5\%$. Rata – rata nilai sekarang dicari menggunakan persamaan (2.55). Sehingga untuk nilai batas ambang curah hujan $C_{0,4} = 557$ diperoleh nilai *net single premium* yaitu sebesar Rp.870.840 /ha. Nilai batas C_α untuk data yang sama akan menghasilkan nilai premi yang berbeda. Dengan cara perhitungan yang sama berikut merupakan data target pendapatan per hektar juga nilai premi sesuai dengan nilai batas curah hujannya:

Tabel 4.18 Net Single Premium Berdasarkan Indeks Curah Hujan

Batasan Curah hujan	Target Pendapatan per Hektar	Net Single Premium per Hektar
$C_{0,05} = 326$	Rp28.073.594	Rp78.687
$C_{0,2} = 449$	Rp28.073.594	Rp297.989
$C_{0,3} = 506$	Rp28.073.594	Rp445.951
$C_{0,4} = 557$	Rp28.073.594	Rp870.840

Dapat dilihat pada tabel 4.18 setiap batasan C_α menghasilkan premi yang berbeda – beda. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai ambang batas C_α maka semakin kecil pula premi yang dibayarkan oleh petani ke perusahaan asuransi.

4.2 Premi Asuransi Pertanian Berdasarkan Suhu Permukaan

4.2.1 Distribusi Data Terbaik

Langkah pertama dalam menentukan distribusi terbaik data adalah mencari korelasi antar data dalam penelitian. Data yang akan diuji merupakan data pada Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen pada tahun 2008-2022. Data – data tersebut meliputi data luas hasil panen (Y), harga gabah (P), indeks suhu permukaan (S) yang telah diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.45), (2.46). Uji yang dilakukan untuk mengolah data tersebut adalah uji Korelasi Kendall dengan hipotesis ujinya adalah

H_0 = Hubungan antara variabel satu dan lainnya tidak kuat

H_1 = Hubungan antara variabel satu dan lainnya kuat

Dengan kesimpulan menolak H_0 apabila diperoleh *p-value* kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan (*p-value* < α). Dalam penelitian ini taraf signifikan yang digunakan adalah 5%. Dengan menggunakan *software R* untuk mencari korelasi antar data, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.19 Uji Korelasi Kendall P,Y,S

	P	*Y*	*S*
P	-	*T*= 318; *p-value*=0,0002263; tau= 0,462069	*T*= 274; *p-value*= 0,04501; tau= 0,2597701
Y	*T*= 318; *p-value*= 0,0002263; tau= 0,462069	-	*T*= 297; *p-value*= 0,004175; tau= 0,3655172
S	*T*= 274; *p-value*= 0,04501; tau= 0,2597701	*T*= 297; *p-value*= 0,004175; tau=0,3655172	-

Berdasarkan Tabel 4.19 maka antara harga gabah dengan suhu permukaan, hasil luas panen dengan suhu permukaan, harga gabah dengan hasil luas panen memiliki hubungan yang kuat karena memiliki *p-value* <0,05.

Berdasarkan uji statistik diatas, peneliti selanjutnya akan memilih distribusi yang baik untuk data. Merujuk pada penelitian terdahulu (Hidayat, 2018) maka peneliti menggunakan dua asumsi yakni distribusi Weibull dan Lognormal. Data harga gabah (P), hasil luas panen (Y), dan indeks suhu permukaan (S) diuji menggunakan uji *Godness of Fit Kolmogorv-Smirnov test.* Uji tersebut merupakan uji untuk mengetahui data yang diperoleh berdistribusi sama dengan asumsi berdasarkan peneliti terdahulu (Hidayat, 2018) dan (Ginting, 2014). Hipotesis uji tersebut adalah:

Hipotesis Uji:

H_0= $F(x) = F_0(x)$ untuk semua x

H_1= $F(x) \neq F_0(x)$ untuk semua x

dengan menolak H_0 apabila diperoleh *p-value* kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan (*p-value* < α). Apabila H_0 ditolak maka H_1 diterima yang artinya data tidak berdistribusi sama dengan asumsi yaitu Lognormal dan Weibull. Sebaliknya apabila H_0 diterima artinya data berdistribusi sama dengan asumsi yaitu Lognormal dan Weibull. Dengan menggunakan *software* R untuk menguji data tersebut, maka diperoleh Tabel 4.20 sebagai berikut:

Tabel 4.20 Nilai Parameter, AIC, dan BIC P, Y, S

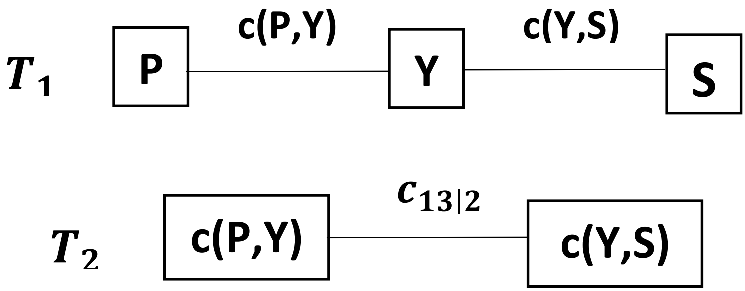
Variabel	Distribusi	Parameter	AIC	BIC	Kolmogorv-Smirnov
P	Lognormal	μ=8,3912827 σ=0,01947846	458,3424	461,1448	*p-value*= 0,98052154
	Weibull	k= 9,752585 ; λ= 4651,750706	462,2738	465,0762	*p-value*= 0,8676018
Y	Lognormal	μ= 8,42611104	408,2178	411,0202	*p-value*=

		σ= 0,04468639			0,99184142
	Weibull	k=24,58723 λ= 4666,69054	410,0135	412,8159	*p-value* = 0,6576555
S	Lognormal	μ=4,34186315; σ=0,08219928	199,7316	202,534	*p-value*= 0,98499253
	Weibull	k=12,21179 ; λ= 80,11167	204,8367	207,6391	*p-value*= 0,6662803

Berdasarkan tabel 4.20, Karena *p-value* >0,05 untuk setiap uji *Kolmogorv-Smirnov* pada setiap distribusi Lognormal maupun Weibull maka H_0 diterima artinya distribusi sama antara distribusi Lognormal dan Weibull. Data hasil luas panen, harga gabah, dan suhu permukaan berdistribusi sama dengan distribusi Lognormal dan Weibull. Selanjutnya, Karena nilai AIC dari pengujian *Goodnes of fit* dari data luas hasil panen, harga gabah, dan suhu permukaan pada distribusi Lognormal lebih rendah dibandingkan distribusi Weibull maka hasil tersebut menunjukkan bahwa data lebih dekat pada distribusi Lognormal. Oleh karena itu, peneliti mengasumsikan data berdistribusi Lognormal.

4.2.2 Struktur Pohon Copula Vine

Struktur pohon Copula dapat direpresentasikan sebagai berikut:



Gambar 4.2 Struktur Pohon Copula Berdasarkan Indeks Suhu Permukaan

Pada Gambar 4.2, P merupakan variabel random dari harga gabah Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen, Y merupakan variabel random dari luas hasil panen Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen, S merupakan variabel indeks suhu Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen. Struktur pohon copula tersebut terbentuk dari bentuk D-Vine Copula dengan $d = 3$ dan pada pohon pertama terdapat nodes P, Y, dan S yang diberi label 1, 2, dan 3 sehingga membentuk pasangan densitas Copula $c_{12}(P, Y), c_{23}(Y, S)$. Selanjutnya pasangan densitas copula $c_{12}(P, Y), c_{23}(Y, S)$ akan menjadi nodes pada pohon kedua sehingga membentuk $c_{13|2}(F_{1|2}(p, y), F_{3|2}(y, s))$

4.2.3 Data dalam bentuk distribusi Uniform [0,1]

Distribusi Uniform merupakan distribusi yang digunakan dalam model Copula. Pada uji statistik pada subabab sebelumnya, diketahui data berdistribusi Lognormal sehingga perlu dirubah bentuknya menjadi data yang berdistribusi Uniform. Hasil transformasi data dapat dilihat pada tabel 4.21 sebagai berikut:

Tabel 4.21 Transformasi ke Data berdistribusi Uniform dari data P, Y, S yang Berdistribusi Lognormal

No	u_1	u_2	u_3
1	0,976590308	0,871613831	0,885721116
2	0,96975529	0,847698242	0,836403144
3	0,913997273	0,967149117	0,630594072
4	0,872615633	0,479031611	0,313891812
...	...	...	...
29	0,068921836	0,068332894	0,02678533
30	0,091644905	0,142784532	0,053849553

Pada Tabel 4.21, u_1 merupakan variabel random untuk Harga Gabah, u_2 merupakan variabel random untuk Luas Hasil panen, u_3 merupakan variabel random untuk suhu. Selanjutnya, nilai – nilai ini akan digunakan untuk menentukan model Copula terbaik.

4.2.4 Copula terbaik pada pohon copula pertama T_1

Untuk menentukan copula terbaik yang digunakan dalam pengoperasian dalam metode ini maka dilakukan beberapa uji. Salah satu uji yang dilakukan adalah uji independenitas bivariat. Hipotesis uji independen bivariat adalah:

Uji hipotesis:

H_0: X dan Y saling independen

H_1: X dan Y tidak saling independen

Dengan X dimisalkan himpunan data pertama dan Y dimisalkan himpunan data kedua. Dengan menolak H_0 apabila diperoleh *p-value* kurang dari taraf signifikan $(\alpha = 5\%)$(*p-value* < 0,05). Berikut merupakan hasil uji independenitas bivariat yang diuji menggunakan *software* R:

Tabel 4.22 Uji Independensi dari Hasil Tabel 4.21

Hasil	(u_1, u_2)	(u_2, u_3)	(u_1, u_3)
Statistik	0,0003357282	0,0045579	0,04379616
p-value	3,586047	2,836724	2,016037

Pada Tabel 4.22 diperoleh hasil jika pada uji independen bivariat dari data u_1 dengan u_2, u_2 dengan u_3, dan u_1 dengan u_3 diperoleh *p-value* < 0,05 atau 5% maka H_0 ditolak sehingga H_1 diterima artinya data pada setiap pasangan tidak saling independen satu sama lain. Selanjutnya, model copula terbaik dipilih dengan melihat BIC yang paling kecil. Nilai BIC dipilih karena pada sampel kecil, AIC lebih *overfit* pada Coopula dengan dua parameter. Misalkan parameter 1 = θ, parameter 2 = ϑ maka diperoleh nilai parameter, AIC, BIC, Longlikehood dan Kendall Tau u_1, u_2 dari pengolahan data pada *software* Rsebagai berikut:

Tabel 4.23 Nilai Parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_1, u_2

no	nama copula	θ	ϑ	AIC	BIC	Log	Tau
1	Gaussian	0,54		-8,4	-6,99	5,2	0,36
2	Student t	0,59	2,97	-10,48	-7,68	7,24	0,4
3	Clayton	0,97		-9,02	-7,62	5,51	0,33
4	Gumbel	1,65		-10,02	-8,62	6,01	0,39
5	Frank	4,34		-10,78	-9,37	6,39	0,41
6	Joe	1,81		-8,05	-6,65	5,03	0,31

Pada Tabel 4.23 diatas diketahui, copula students'-t memiliki nilai BIC yaitu -7,68 sehingga

Copula students'-t merupakan Copula terbaik untuk dependensasi antara harga gabah dan luas hasil panen dari golongan Copula Ellipictal karena memiliki nilai BIC yang paling kecil. Sedangkan Copula Frank merupakan jenis Copula yang terbaik dari golongan Archimedean karena memiliki nilai BIC paling kecil yaitu -9,37. Oleh Karena itu, Secara Keseluruhan Copula Frank merupakan Copula yang terbaik yang digunakan. Copula Frank memiliki nilai parameter θ = 4,34. Selanjutnya, menggunakan *software* R diperoleh nilai parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u, u_3 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.24 Nilai Parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_2, u_3

no	nama copula	θ	ϑ	AIC	BIC	Log	Tau
1	Gaussian	0,51		-7,14	-5,74	4,57	0,34
2	Student t	0,52	30	-5,14	-2,34	4,57	0,35
3	Clayton	0,88		-7,41	-6,01	4,7	0,3
4	Gumbel	1,51		-7,24	-5,84	4,62	0,34
5	Frank	3,75		-8,82	-7,42	5,41	0,37
6	Joe	1,72		-6,19	-4,79	4,1	0,29

Pada Tabel 4.24 diatas diketahui, Copula Gaussian memiliki nilai BIC -5,74 yang merupakan nilai BIC paling kecil dari jenis Copula Ellipictal lainnya. Oleh karena itu, Copula Gaussian merupakan copula terbaik untuk dependensasi antara harga gabah dan luas hasil panen dari golongan Copula Ellipictal. Sedangkan Copula Frank merupakan jenis Copula yang terbaik dari golongan Archimedean karena memiliki nilai BIC paling kecil yaitu -7,42. Oleh Karena itu, Secara Keseluruhan Copula Frank merupakan Copula yang terbaik yang digunakan. Copula Frank memiliki nilai parameter θ = 3,75. Selanjutnya menggunakan *software* R diperoleh nilai parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_1, u_3 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.25 Nilai Parameter, AIC, BIC, Loglikehood, dan Kendall Tau u_1, u_3

No	nama copula	θ	ϑ	AIC	BIC	Log	Tau
1	Gaussian	0,31		-1,12	0,28	1,56	0,2
2	Student t	0,42	30	-3,03	-0,23	3,52	0,28
3	Clayton	0,74		-3,46	-2,06	2,73	0,27
4	Gumbel	1,38		-3,87	-2,47	2,94	0,28
5	Frank	2,35		-2,39	-0,99	2,2	0,25
6	Joe	1,64		-4,41	-3,01	3,21	0,26

Pada Tabel 4.25 diatas diketahui, Copula Students'-t memiliki nilai BIC paling kecil dari jenis Copula Ellipictal lainnya yaitu -0,23. Oleh karena itu, Copula Students'-t merupakan Copula terbaik untuk dependensasi antara harga gabah dan luas hasil panen dari golongan Copula Ellipictal. Sedangkan Copula Joe merupakan jenis copula yang terbaik dari golongan Archimedean karena memiliki nilai BIC paling kecil yaitu -3,01. Oleh Karena itu, Secara Keseluruhan Copula Joe merupakan Copula yang terbaik yang digunakan. Copula Joe memiliki nilai parameter θ = 1,64. Berdasarkan copula yang terpilih dengan menggunakan *software R* maka dihasilkan nilai Pdf dan CDF sebagai berikut:

Tabel 4.26 nilai Pdf dan CDF u_1, u_2, u_3

No	Pdf (u_1, u_2)	Pdf (u_2, u_3)	CDF(u_1, u_2)	CDF(u_2, u_3)
1	2,4784428	2,0726539	0,85804606	0,79643752
2	2,2548773	1,8553225	0,83177964	0,74505123
3	2,8601060	1,0237771	0,89101814	0,62259750
4	0,6982730	1,1734294	0,46382573	0,23837852
…	…	…	…	…
29	2,7856761	2,8111779	0,01603451	0,00596565
30	2,2189677	2,1593437	0,03841812	0,02155035

4.2.5 Copula terbaik pada pohon copula kedua (T_2)

Penentuan Copula terbaik yang menggambarkan $c_{1,3|2}$ pada T_2 dapat dilakukan dengan cara menentukan terlebih dahulu $F_{1|2}(u_1, u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3, u_2)$ berdasarkan Copula terbaik pada T_1 . Dengan menggunakan software R maka diperoleh nilai $F_{1|2}(u_1, u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3, u_2)$ pada Tabel 4.27 sebagai berikut:

Tabel 4.27 Nilai $F_{1|2}(u_1, u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3, u_2)$

No	$F_{1\|2}(u_1\|u_2)$	$F_{3\|2}(u_3\|u_2)$
1	0,941504442	0,704680953
2	0,931535185	0,6966643
3	0,714504552	0,967406068
4	0,92694902	0,643673204
...	...	...
29	0,208644411	0,2142513
30	0,211312392	0,376347643

Selanjutnya, dilakukan uji independenitas untuk menguji bahwa nilai $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan nilai $F_{3|2}(u_3|u_2)$ idenpenden atau tidak independen

Hipotesis:

H_0: $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3|u_2)$ saling independen

H_1: $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3|u_2)$ tidak saling independen

Analisis Hasil Uji statistik:

Dari uji independent diperoleh nilai *p-value* yaitu 0,6958002 yang berarti nilai *p-value* > 0,05 sehingga H_0 diterima sehingga $F_{1|2}(u_1|u_2)$ dan $F_{3|2}(u_3|u_2)$ saling independent. Sehingga $c_{1,3|2}$ diasumsikan independent, yang berakibat

$$c_{1,3|2}\left(F_{1|2}(u_1|u_2), F_{3|2}(u_3|u_2); \theta_{1,3|2}\right) = 1$$

Artinya syarat pembentukan $c_{1,3|2}$ pada T_2 terpenuhi. Setelah itu, akan ditetapkan data harga gabah, hasil panen dan suhu permukaan berdasarkan Copula terbaik yang telah terpilih.

4.2.6 Penetapan Data Harga Gabah, Hasil Panen, Suhu Permukaan Berdasarkan Data Simulasi

Untuk menentukan data harga gabah, data hasil panen, dan data curah hujan maka, peneliti membentuk data simulasi sejumlah 1000 untuk setiap pasangan data. Untuk pasangan data harga gabah dan data hasil panen maka akan dibentuk data simulasi menggunakan jenis Copula dari keluarga Archimedean yaitu Copula Frank dengan parameter $\theta = 4{,}34$. Hasil dari pembangunan data sejumlah 1000 tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.28 data simulasi berdasarkan Copula Frank $\boldsymbol{\theta = 4,34}$

No	U_1	U_2
1	0,395509279	0,667381211
2	0,038137594	0,162413776
3	0,753992667	0,578141726
4	0,567742078	0,746561933
5	0,373079192	0,907124428
….	…	…
999	0,607992224	0,997721886
1000	0,059823073	0,365409665

Pada pasangan data luas hasil panen dan data indeks suhu permukaan juga akan dibentuk data simulasi berdasarkan Copula Frank dengan parameter $\theta = 3{,}75$. Hasil dari pembangunan data sejumlah 1000 tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.29 Data Simulasi Berdasarkan Copula Frank $\boldsymbol{\theta = 3,75}$

No	U_2	U_3
1	0,749510967	0,612408537
2	0,165938946	0,296597167

3	0,654988238	0,616457163
4	0,29911291	0,316744788
5	0,741218075	0,834443136
….	…	…
999	0,346169674	0,125320214
1000	0,756122526	0,759815271

Setelah mendapatkan data simulasi, selanjutnya data pada tabel 4.28 dan tabel 4.29 akan dirubah bentuknya mengikuti distribusi data asalnya yaitu distribusi Lognormal. Data tersebut diubah dengan menggunakan fungsi invers dari distribusi Lognormal dengan menggunakan data mean dan standar deviasi pada tabel 4.20, sehingga didapatkan pasangan data (P, Y) dan (Y, S) sebagai berikut:

Tabel 4.30 data pasangan $(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{Y})$ dan $(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{S})$

No	P	Y	Y	S
1	4386	4654	4704	79
2	4259	4368	4371	74
3	4468	4605	4647	79
4	4423	4702	4458	74
…	…	…	…	…
999	4432	5182	4485	70
1000	4277	4495	4708	81

Rata-rata	4408	4567	4565	77

Pada kasus tabel 4.30 terdapat dua pasang data yaitu (P, Y) dan (Y, S). Data P pada pasangan (P, Y) masih terdapat kaitannya dengan data pasangan (Y, S). Peneliti membangun data dengan membentuk $W_3 = U_3, W_2 = U_2\ dan\ W_1$=$F_{1|2}^{-1}(U_1|W_2)$ sesuai dengan persamaan (2.37). Sehingga, peniliti mengambil data U_2, U_3dari pasangan (U_2, U_3) dan U_1 dari pasangan (U_1, U_2) dan dengan menggunakan *software R* maka diperoleh:

Tabel 4.31 Pembentukan Data Sampel

No	P	Y	S
1	4435	4704	79
2	4232	4371	74
3	4480	4647	79
4	4385	4458	74
...	...	...	...
999	4399	4485	70
1000	4344	4708	81
Rata-rata	4407	4565	77

Pada Tabel 4.31, data P terbentuk berdasarkan pasangan data (Y, S) artinya data suhu permukaan (S)

yang mempengruhi luas hasil panen (Y) pada pasangan data (Y, S) juga mempengaruhi harga gabah (P) karena harga gabah juga terpengaruh dari luas hasil panennya. Selanjutnya akan dihitung premi asuransi pertanian biasanya.

4.2.7 Perhitungan Premi Asuransi Pertanian Biasa Berdasarkan Indeks Suhu Permukaan

Perhitungan premi asuransi pertanian biasa menggunakan data tabel 4.31 yang meliputi data harga gabah, luas hasil panen, dan data suhu permukaan. Selain itu, digunakan data rata – rata produktivitas padi tahun 2009-2022 yaitu 6150 kg/ha. Selain itu juga digunakan data rata – rata harga gabah yaitu Rp.4407/kg, dan rata rata luas hasil panen yaitu 4565 ha. Oleh karena itu, didapatkan nilai pendapatan total yaitu Rp.123.750.246.895 yang dijadikan nilai indeminitas (I^P) atau nilai batas yang dibayarkan pihak perusahaan asuransi kepada petani apabila terjadi kerugian

Tabel 4.32 Nilai Pendapatan dan Pembayaran Kerugian

No	Harga Panen (Rp/Kg)	Luas Panen (ha)	Pendapatan (I)	Pembayaran Kerugian (P^L)
1	4435	4704	Rp128.292.047.613	Rp0
2	4232	4371	Rp113.754.427.974	Rp9.995.818.921
3	4480	4647	Rp128.040.736.749	Rp0
4	4385	4458	Rp120.231.593.841	Rp3.518.653.054
...	...	...	...	...
999	4399	4485	Rp121.341.297.774	Rp2.408.949.121
1000	4344	4708	Rp125.777.766.145	Rp0

Berdasarkan Tabel 4.32 dipeoleh nilai pendapatan petani dan nilai pembayaran kerugian yang harus dibayarkan oleh perusahaan berdasarkan harga panen dan luas hasil panennya.

Tahap selanjutnya setelah diperoleh nilai pendapatan dan pembayaran kerugian pada Tabel 4.32. Peneliti menggunakan suku bunga (r) sebesar 5% untuk memperoleh nilai sekarang sesuai dengan perhitungan pada persamaan (2.54). Selanjutnya, sebagai *net single premium* atau premi tunggal bersih per hektar yang merupakan rata rata dari nilai sekarang yang diperoleh dari persamaan (2.55). Adapun nilai-nilai tersebut dapat dijabarkan pada Tabel 4.33 sebagai berikut:

Tabel 4. 33 Tetapan Nilai Premi Asuransi Pertanian Biasa

Target Pendapatan total	Net Single Premium total	Target Pendapatan per Hektar	Net single Premium per Hektar
Rp123.750.246.895	Rp2.352.969.704	Rp27.106.031	Rp515.390

Berdasarkan Tabel 4.33 dapat dilihat jika premi yang harus dibayarkan petani adalah Rp. 515.390/ha/musim tanam. Apabila petani mengalami kerugian, perusahaan harus membayar sesuai target pendapatan yaitu Rp.27.106.031/ha/musim tanam.

Setelah mendapatkan premi dengan perhitungan biasa akan dihitung pula premi asuransi pertanian berbasis indeks suhu permukaan.

4.2.8 Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Suhu Permukaan

Konsep perhitungan premi asuransi pertanian berbasis indeks suhu permukaan didasarkan pada indeks suhu itu sendiri. Nilai S_α dijadikan patokan perusahaan asuransi untuk menentukan premi. S_α juga digunakan untuk menentukan indeminitas (I^P) untuk setiap nilai indeks suhu. Sehingga nilai indeminitas tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai pembayaran kerugian yang harus dibayarkan oleh pihak perusahaan asuransi.

Peneliti menetapkan beberapa S_α untuk dihitung preminya. Nilai ambang batas yang dipilih peneliti didasarkan pada penelitian sebelumnya (Hidayat, 2018). Nilai ambang batas tersebut antara lain $S_{0,05} = 67$, $S_{0,2} = 72$, $S_{0,3} = 73, S_{0,4} = 75$. Peneliti menggunakan data rata – rata produktivitas panen padi yaitu 6150 kg/ha, rata – rata harga gabah yaitu Rp. 4565/kg, dan rata – rata luas hasil panen padi yaitu 4565 ha sesuai pada Tabel 4.31 untuk menghitung nilai indeminitas kemudian menentukan nilai pembayaran kerugian serta premi yang hasrus dibayarkan petani. Berikut ini nilai indeminitas berdasarkan nilai ambang batas suhu permukaan $S_{0,4} = 75$ adalah sebagai berikut:

Tabel 4.34 Nilai Indeminitas per hektar

No	S_t	Indeminitas (I^P)
1	79	Rp1.266.515
2	74	Rp0
3	79	Rp1.288.992
4	74	Rp0
...		
999	70	Rp7.947.481

1000	81	Rp0
Rata-rata	77	Rp1.214.278

Berdasarkan Tabel 4.34 dapat dilihat nilai indeminitas berdasarkan indeks suhu permukaan. Selanjutnya, rata – rata dari (I^P) yaitu sebesar Rp.1.214.278 dijadikan sebagai batas pembayaran perusahaan asuransi untuk membayar petani bila ada kerugian. Kemudian, untuk nilai pendapatan petani pada $S_t > S_\alpha$ maka pendapatan petani dianggap 0 sesuai pada persamaan (2.52). Sedangkan, untuk pembayaran kerugian petani diperoleh dari persamaan (2.53). Oleh karena itu, diperoleh nilai pendapatan dan pembayaran kerugian sebagai berikut:

Tabel 4.35 Nilai Pendapatan Petani dan Nilai Pembayaran Kerugian

No	Pendapatan	Pembayaran Kerugian (P^L)
1	Rp0	Rp1.214.278
2	Rp524.427	Rp689.851
3	Rp0	Rp1.214.278
4	Rp398.731	Rp815.547
…		

999	Rp1.833.928	Rp0
1000	Rp0	Rp1.214.278

Berdasarkan Tabel 4.35 dapat dilihat nilai pendapatan petani dan nilai pembayaran kerugian oleh perusahaan asuransi. Nilai Premi ditentukan dengan menggunakan rata – rata nilai sekarang. Peneliti menggunakan hasil perhitungan Pembayaran kerugian untuk menentukan nilai sekarang sesuai dengan persamaan (2.54) Perhitungan nilai sekarang menggunakan nilai $r = 5\%$. Rata – rata nilai sekarang dicari menggunakan persamaan (2.55). Sehingga untuk nilai batas ambang suhu permukaan $S_{0,4} = 75$ diperoleh nilai *net single premium* yaitu sebesar Rp. 698.929 /ha. Nilai batas S_{α} untuk data yang sama akan menghasilkan nilai premi yang berbeda. Berikut merupakan data target pendapatan per hektar juga nilai premi sesuai dengan nilai batas suhu permukaannya:

Tabel 4.36 Net single Premium

Batasan Curah hujan	Target Pendapatan per Hektar	Net Single Premium per Hektar
$S_{0,05} = 67$	Rp28.073.594	Rp2.791.443
$S_{0,2} = 72$	Rp28.073.594	Rp1.382.755
$S_{0,3} = 73$	Rp28.073.594	Rp1.132.507
$S_{0,4} = 75$	Rp28.073.594	Rp. 698.929

Dapat dilihat pada Tabel 4.36 setiap batasan S_α menghasilkan premi yang berbeda–beda. Hal ini disimpulkan bahwa semakin kecil nilai ambang batas S_α maka semakin besar premi yang dibayarkan oleh petani ke perusahaan asuransi.

4.3 Perbandingan Premi Asuransi Pertanian Berbasis Curah Hujan dan Premi Asuransi Pertanian Berbasis Suhu Permukaan

Premi asuransi berbasis indeks curah hujan memiliki perbedaan dengan premi berbasis indeks suhu permukaan. Hal ini dikarenakan antara perhitungan premi indeks curah hujan dengan perhitungan premi indeks curah hujan memeiliki data simulasi yang berbeda pula. Nilai premi asuransi pertanian biasa yang datanya dibangun dengan data indeks curah hujan pada tabel 4.15 memiliki premi sebesar Rp.720.121/ha. Sedangkan, nilai premi asuransi pertanian biasa yang datanya dibangun dengan data indeks suhu permukaan pada Tabel 4.33 memiliki premi sebesar Rp.515.390/ha.

Hal ini menunjukan dengan data harga gabah, luas hasil panen, dan produktivitas tanaman padi yang sama menghasilkan data simulasi yang berbeda apabila dibangun dengan indeks yang berbeda pula. Jadi, dapat disimpulkan bahwa nilai premi asuransi menggunakan perhitungan asuransi pertanian biasa yang datanya dibangun dengan data indeks suhu permukaan lebih menguntungkan petani karena memiliki premi yang lebih kecil.

Nilai premi asuransi pertanian dengan perhitungannya menggunakan nilai ambang batas dari curah hujan ataupun nilai ambang batas suhu menghasilkan premi yang berbeda pula. Berdasarkan tabel 4.18, diketahui bahwa semakin kecil ambang batas curah hujan, semakin kecil pula premi yang diperoleh. Akan tetapi, hal tersebut berbeda dengan nilai premi asuransi pertanian yang perhitungannya didasarkan pada indeks suhu permukaan. Berdasarkan tabel 4.36, semakin kecil ambang batas semakin tinggi pula premi yang harus dibayarkan.

Nilai ambang batas curah hujan dengan nilai ambang batas suhu permukaan memiliki *percentil threshold* yang sama atau α yang sama memiliki perbandingan premi yang cukup signifikan. Misalkan pada $S_{0,4} = 75$ menghasilkan premi sebesar Rp. 698.929 sedangkan pada $C_{0,4} = 557$ menghasilkan premi asuransi sebesar Rp.870.840/ha. selanjutnya untuk $S_{0,05} = 67$ menghasilkan premi sebesar Rp. 2.791.443/ha sedangkan pada $C_{0,05} = 326$ menghasilkan premi sebesar Rp.78.687/ha. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin besar α maka asuransi pertanian berbasis indeks suhu permukaan lebih menguntungkan petani. Sedangkan, semakin kecil nilai α, maka asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan lebih menguntungkan petani.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan oleh peniliti adalah sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan premi asuransi berbasis indeks curah hujan didasarkan pada nilai ambang batasnya. Setiap nilai ambang batas curah hujan (C_α) menghasilkan premi yang berbeda – beda. Jika $C_{0,05} = 326$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.78.687/ha, Jika $C_{0,2} = 449$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.297.989/ha, Jika $C_{0,3} = 506$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.445.951/ha, Jika $C_{0,4} = 557$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.870.840/ha. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai ambang batas curah hujan (C_α) maka semakin kecil pula premi yang dibayarkan oleh petani ke perusahaan asuransi.
2. Hasil perhitungan premi asuransi berbasis indeks suhu permukaan didasarkan pada nilai ambang batasnya. Setiap nilai ambang batas suhu permukaan $(S_\alpha\ )$ menghasilkan premi yang berbeda – beda. Jika

$S_{0,05} = 67$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.2.791.443/ha, Jika $S_{0,2} = 72$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.1.382.755/ha, Jika $S_{0,3} = 73$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.1.132.507/ha, Jika $S_{0,4} = 75$ maka menghasilkan premi sebesar Rp.698.929/ha. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai ambang batas suhu permukaan (S_{α}) maka semakin besar premi yang dibayarkan oleh petani ke perusahaan asuransi.

3. Semakin besar nilai ambang batas curah hujan (C_{α}) maka asuransi pertanian berbasis indeks suhu permukaan lebih menguntungkan petani. Sedangkan, semakin kecil nilai ambang batas suhu permukaan (S_{α}), maka asuransi pertanian berbasis indeks curah hujan lebih menguntungkan petani.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini adalah perhitungan premi asuransi pertanian berdasarkan indeks curah hujan dan indeks suhu permukaan. Pada penelitian setelahnya disarankan memilih variabel lain yang mungkin mempengaruhi produktivitas padi. Pemilihan daerah yang dikaji juga merupakan daerah yang memiliki musim kemarau yang panjang pada saat musim tanam utama maupun musim tanam gadu

DAFTAR PUSTAKA

Adeyinka, A. A. , & dkk (2016).The Viability of Weather-index Insurance in Managing Drought Risk in Rural Australia. *Internasional Journal of Rural Management, 12(2),182-198.*

Agustini, S. W. (2019). Analisis Dependensi Faktor Makroekonomi terhadap Tingkat Harga Emas Dunia dengan Pendekatan Copula. *Eigen Mathematics Journal, 2(2), 83-84.*

Anggraeni, A. D. (2018). Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Suhu Permukaan Menggunakan Metode Burn Analysis. *E-Jurnal Matematik, Vol. 7(4)*.

Apriyanto. (2020). Penentuan Harga Premium Asuransi Tanaman Sagu di Kabupaten Luwu Menggunakan Copula FGM. *Jurnal Ilmiah Sains*, 20(2), 100-105 .

Bain, L.J. dan Engelhard. (1992). *Introduction to probability and mathematical statistics*. 2. Boston: PWS-KENT Pub.

Dewi, N., & dkk. (2020). Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan Pada Komoditaas Kedelai yang Disimulasi Menggunakan Distribusi Weibull. *E-Jurnal Matematika,* 5(2).

Erfiana, D., & dkk. (2016). Penentuan Harga Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indek Curah Hujan dengan Model Black - Scholes*. Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers.* Purwokerto: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman.

Fahira, I. (2021). Perhitungan Premi Asuransi Usaha Tani Padi Berbasis Indeks Curah Hujan di Kabupaten Lombok Barat Menggunakan Metode Black Scholes . *Porsiding Statistika.*

Fitriani, H. (2016). Menentukan Premi Murni Menggunakan Generalized Linear Models dan Model Copula. *Jurnal MAGISTRA, 3(1)*.

Frensidy, B. (2010). *Matematika Keuangan* Edisi Ketiga. Jakarta: Salemba Empat.

Herdiani, E, T, dan Amran. (2007). Seleksi Model Multinomial Logit Melalui Akaike's Information Criterion (AIC). *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi, 4(1)*,43-53.

Hidayat, A. (2018). Perhitungan Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan dengan Copula Vine. *Tesis.* Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada.

Hidayat, A. (2019). Analisis Struktur Dependensi Variabel Pembentukan Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Cuaca dengan Multivariat Copula dan Vine Copula . *Jurnal Varian 3(1)*.

Kartika Sari, I. (2017). Studi Persepsi Penanggulangan Kerugian Usaha Tani Padi Melalui Asuransi Pertanian . *Jurnal Ilmiah Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Braijaya*.

Kriesniati, Prastika, dkk. (2013). Analisis Korelasi Somers'd Pada Data Tingkat Kenyamanan Siswa-Siswa SMP Plus Melati Samarinda. *Jurnal Barekeng*. 7(2), 31-40

Kustinah, Nurul. (2012). Pemilihan Model Regresi Terbaik Dengan Bayesian Informatin Criterion (BIC). *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret Surakarta

Mai, J, Scherer, M. (2012). *Simulating Copulas : Stochastic Models, Sampling Algorithms, and Applications.* Germany: Imperial College Press.

Nelsen , R. (2006). *An Introduction to Copulas.* USA: Springer Science Business Media.

Olofsson, P, dan Andersson, M. (2012). *Probability statistic and stochastic processes.* John Wiley & Sons.

Otaya, Lian G. (2016). Distribusi Probabilitas Weibull dan Aplikasinya. *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 4(2),44-66.

Pertiwi, E. (2013). Aplikasi Value At Risk pada Portofolio Nilai Tukar Mata Uang dengan Pendekatan. *Thesis*. Universitas Pendidikan Indonesia.

Putri, I., & dkk. (2017). Perhitungan Harga Premi Asuransi Pertanian yang Berbasis Indeks Curah Hujan Menggunakan Metode Black Scholes. *E Jurnal Matematika, Vol. 6(2)*.

Schoelzel, C, Friederichs, P. (2008). Multivariate Non-Normally Bistributed Random Variables in Climate

Research-Introduction to The Copula Approach. *Process Geophys,* 15, 761-772

Siegel, Sidney dan J, Castellan Jr. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences.* Singapura: McGraw-Hill International Edition.

Suarjana, W. (2017). Penentuan Nilai Kontrak Asuransi Usaha Tani Tanaman Kopi Arabika Berbasis Indeks Harga Internasional. *Jurnal BETA, 5 (2)*

Sumarjaya, I. W. (2013). Memodelkan Ketergantungan dengan Kopula. *Jurnal Matematika,* 3(1), 34-42.

Swasnita, dkk. (2015). Perhitungan Suku Bungan Efektif Untuk Penentuan Alternatif Pembiayaan Kendaraan Motor Pada Leasing dan Bank Dengan Metode Interpolasi Linear. *Jurnal Gaussian,* 4(2), 403-412.

Turyadi, dkk. (2013). Kajian Sifat Distribusi Normal Bivariat. *Buletin Ilmiah Mat Stat dan Terapannya,* 2(2), 127-132.

Winarso. (2013). *Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Gava Media

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data Harga Gabah, dan Hasil Panen

Tahun	Periode Tanam	Harga Gabah (Rp/Kg) (P)	Hasil Panen (Ha) (Y)
2022	1	5450	4802
	2	5386	4779
2021	1	5100	4956
	2	4978	4554
2020	1	4891	4892
	2	4875	4469
2019	1	4750	4653
	2	4560	4508
2018	1	4922	4765
	2	4879	4328
2017	1	4688	4877
	2	4565	4584
2016	1	4349	4633
	2	4325	4489
2015	1	4582	4766
	2	4242	4237
2014	1	4069	4548
	2	4320	4622

2013	1	4473	4723
	2	4118	4563
2012	1	4066	4562
	2	4039	4463
2011	1	4263	4587
	2	3826	4245
2010	1	3542	4813
	2	4062	4467
2009	1	3981	4213
	2	4122	4357
2008	1	3763	4271
	2	3825	4352

LAMPIRAN 2

Data Curah Hujan Kecamatan Sidoharjo Kabupaten Sragen

Tahun	Periode Tanam	Curah Hujan Komulatif (mm) (C)	Indeks Curah Hujan (C_t)
2022	1	1256	703
	2	978	616
2021	1	1432	788
	2	756	552
2020	1	1002	691
	2	989	593
2019	1	1170	608
	2	887	550
2018	1	2601	1457
	2	908	617
2017	1	1444	967
	2	705	486
2016	1	2516	1333
	2	1771	1151
2015	1	1060	530
	2	802	561
2014	1	962	539

	2	704	436
2013	1	1385	720
	2	951	380
2012	1	959	480
	2	294	191
2011	1	1102	683
	2	896	591
2010	1	1441	908
	2	776	497
2009	1	1134	476
	2	987	632
2008	1	1267	659
	2	1049	525

LAMPIRAN 3

Data Suhu Permukaan

Tahun	Periode Tanam	Suhu Permukaan Komulatif (°C) (S)	Indek Suhu Permukaan (S_t)
2022	1	107	85
	2	110	83
2021	1	108	79
	2	109	74
2020	1	108	75
	2	110	70
2019	1	108	78
	2	110	76
2018	1	107	83
	2	109	83
2017	1	108	83
	2	110	78
2016	1	107	72
	2	109	71
2015	1	107	84
	2	109	77
2014	1	107	79
	2	109	73

2013	1	107	82
	2	108	75
2012	1	107	93
	2	108	85
2011	1	107	74
	2	109	72
2010	1	108	85
	2	109	69
2009	1	108	72
	2	110	71
2008	1	108	66
	2	109	67

LAMPIRAN 4

Program R untuk Perhitungan Premi Asuransi Berdasarkan Indeks Curah Hujan

```
library(MASS)
library(readxl)
library(copula)
library(fitdistrplus)
library(readxl)
library(xlsx)
library(stats)
library(gumbel)
library(CDVine)
library(VineCopula)
library(copula)
library(CDVineCopulaConditional)
data<-data.frame(dataskripsi11)
Hasil_Panen<-data$Hasil.Panen
Curah_Hujan<-data$Curah.Hujan
Harga_Gabah<-data$Harga.Gabah
#uji korelasi kendall
cor.test(Hasil_Panen,Curah_Hujan,method="kendall")
cor.test(Hasil_Panen,Harga_Gabah,method="kendall")
cor.test(Curah_Hujan,Harga_Gabah,method="kendall")
#pendefisian fit data copula
fitc<-fitdist(Curah_Hujan,"weibull")
fitp<-fitdist(Hasil_Panen,"weibull")
fitg<-fitdist(Harga_Gabah,"weibull")
fitc1<-fitdist(Curah_Hujan,"lnorm")
fitp1<-fitdist(Hasil_Panen,"lnorm")
fitg1<-fitdist(Harga_Gabah,"lnorm")
fitc2<-fitdist(Curah_Hujan,"norm")
fitp2<-fitdist(Hasil_Panen,"norm")
```

```
fitg2<-fitdist(Harga_Gabah,"norm")
summary(fitc)
summary(fitp)
summary(fitg)
summary(fitc1)
summary(fitp1)
summary(fitg1)
summary(fitc2)
summary(fitp2)
summary(fitg2)

##transformasi data ke uniform[0,1]
HPpl<-
plnorm(Hasil_Panen,mean=fitp1$estimate[1],sd=fitp1$estimate[
2])
Empiriku2<-
data.frame(data=Hasil_Panen,CDF=HPpl,Rank=order(HPpl))
#write.csv(empirikHasil_Panen,file="ue2.csv")
write.table(Empiriku2, file="ue2.csv",sep=",")
#---------
CHpl<-
plnorm(Curah_Hujan,mean=fitc1$estimate[1],sd=fitc1$estimate[
2])
empiriku3<-
data.frame(data=Curah_Hujan,CDF=CHpl,Rank=order(CHpl))
#write.csv(empirikCurahHUjan,file="ue3.csv")
write.table(empiriku3, file="ue3.csv",sep=",")
#-----
HGpl<-
plnorm(Harga_Gabah,mean=fitg1$estimate[1],sd=fitg1$estimate
[2])
empiriku1<-
data.frame(data=Harga_Gabah,CDF=HGpl,Rank=order(HGpl))
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="ue1.csv")
```

```
write.table(empiriku1, file="ue1.csv",sep=",")
#u1,u2,u3 weibull
HPpw<-pweibull(Hasil_Panen,shape = fitp$estimate[1],scale =
fitp$estimate[2])
empiriku2w<-
data.frame(data=Hasil_Panen,CDF=HPpw,Rank=order(HPpw))
#write.csv(empirikHasil_Panen,file="ue2w.csv")
write.table(empiriku2w, file="ue2w.csv",sep=",")
#------
CHpw<-pweibull(Curah_Hujan,shape = fitc$estimate[1],scale =
fitc$estimate[2])
empiriku3w<-
data.frame(data=Curah_Hujan,CDF=CHpw,Rank=order(CHpw))
#write.csv(empirikCurahHUjan,file="ue3w.csv")
write.table(empiriku3w, file="ue3w.csv",sep=",")
#-------
HGpw<-pweibull(Harga_Gabah,shape = fitg$estimate[1],scale =
fitg$estimate[2])
empiriku1w<-
data.frame(data=Harga_Gabah,CDF=HGpw,Rank=order(HGpw))
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="ue1w.csv")
write.table(empiriku1w, file="ue1w.csv",sep=",")
#-------
data_copula1 <- data.frame(u1=HGpl, u2=HPpl, u3=CHpl)
#u1,u2,u3 Gauss
HPpn<-pnorm(Hasil_Panen,mean =
fitp2$estimate[1],sd=fitp2$estimate[2])
Empiriku2n<-
data.frame(data=Hasil_Panen,CDF=HPpn,Rank=order(HPpn))
#write.csv(empirikHasil_Panen,file="ue2n.csv")
write.table(Empiriku2n, file="ue2n.csv",sep=",")
#-------
CHpn<-pnorm(Curah_Hujan,mean =
fitc2$estimate[1],sd=fitc2$estimate[2])
```

```
Empiriku3n<-
data.frame(data=Curah_Hujan,CDF=CHpn,Rank=order(CHpn))
#write.csv(empirikCurahHUjan,file="ue3n.csv")
write.table(Empiriku3n, file="ue3n.csv",sep=",")
#--------
HGpn<-pnorm(Harga_Gabah,mean =
fitg2$estimate[1],sd=fitg2$estimate[2])
Empiriku1n<-
data.frame(data=Harga_Gabah,CDF=HGpn,Rank=order(HGpn))
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="ue1n.csv")
write.table(Empiriku1n, file="ue1n.csv",sep=",")
#-------
data_copula2 <- data.frame(vn1=HGpn, vn2=HPpn, vn3=CHpn)
u1<-data_copula1$u1
u2<-data_copula1$u2
u3<-data_copula1$u3
vn1<-data_copula2$vn1
vn2<-data_copula2$vn2
vn3<-data_copula2$vn3
#--------
normal.cop.ex<-normalCopula(dim=3,dispstr="ex")
set.seed(1000)
nor.cop.ex<-
pobs(as.matrix(cbind(data$Harga.Gabah,data$Hasil.Panen,data$
Curah.Hujan)))
fit.nor.cop<-fitCopula(normal.cop.ex,nor.cop.ex,method='ml')
rhoo<-coef(fit.nor.cop)[1]
copula_dist_gauss<-
mvdc(copula=normalCopula(rhoo,dim=3),margins=c("norm","no
rm","norm"),paramMargins=list(list(mean=fitg2$estimate[1],sd=
fitg2$estimate[2]),list(mean=fitp2$estimate[1],sd=fitp2$estimat
e[2]),list(mean=fitc2$estimate[1],sd=fitc2$estimate[2])))
datacdfgauss<-as.matrix(data)
cdf_mvdgauss<-pMvdc(datacdfgauss,copula_dist_gauss)
```

```
teoritikalGaussCopula<-data.frame(Data=data,
CopulaTeoritikal=cdf_mvdgauss)
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="gauss.csv")
write.table(teoritikalGaussCopula, file="gauss.csv",sep=",")
sim <- rMvdc (1000,copula_dist_gauss)
#write.csv(sim,file="Simguss.csv")
write.table(sim, file="simgauss.csv",sep=",")
#Uji corelasi Kendall
cor.test(u1, u2, method="kendall")
cor.test(u2, u3, method="kendall")
cor.test(u1, u3, method="kendall")
#ujiidependet
BiCopIndTest(u1,u2)
BiCopIndTest(u2,u3)
BiCopIndTest(u1,u3)
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u1, u2
mlec12.1<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=1,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.2<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=2,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.3<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=3,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.4<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=4,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.5<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=5,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.6<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=6,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
summary(mlec12.1)
summary(mlec12.2)
summary(mlec12.3)
summary(mlec12.4)
summary(mlec12.5)
```

```
summary(mlec12.6)
BiCopSelect(u1,u2, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u2, u3
mlec23.1<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=1,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.2<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=2,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.3<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=3,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.4<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=4,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.5<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=5,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.6<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=6,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
summary(mlec23.1)
summary(mlec23.2)
summary(mlec23.3)
summary(mlec23.4)
summary(mlec23.5)
summary(mlec23.6)
BiCopSelect(u2,u3, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
#-------
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u2, u3
mlec13.1<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=1,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.2<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=2,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.3<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=3,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
```

```
mlec13.4<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=4,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.5<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=5,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.6<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=6,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
summary(mlec13.1)
summary(mlec13.2)
summary(mlec13.3)
summary(mlec13.4)
summary(mlec13.5)
summary(mlec13.6)
BiCopSelect(u1,u3, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u1, u3 independet
mlec13.1ind<-BiCopSelect(u1,u3,
familyset=0,selectioncrit="AIC", indeptest=FALSE, level=0.05)
summary(mlec13.1ind)
#Menetukan PDF u1,u2 berdasarkan copula terbaik
PDFcop12<-BiCopPDF(u1, u2, 5, 4.34 , par2=0)
summary(PDFcop12)
PD12<-PDFcop12
write.table(PD12, file="PD12.csv",sep=",")
#Menetukan PDF u2,u3 berdasarkan copula terbaik
PDFcop23<-BiCopPDF(u2,u3, 5, 2.57, par2=0)
summary(PDFcop23)
PD23<-PDFcop23
write.table(PD23,file="PD23.csv",sep=",")
#Menetukan PDF u1,u3 berdasarkan copula terbaik
PDFcop13<-BiCopPDF(u1,u3, 5, 1.78, par2=0)
summary(PDFcop13)
PD13<-PDFcop13
write.table(PD13,file="PD13.csv",sep=",")
```

```
#Menetukan CDF u1,u2 berdasarkan copula terbaik
CDFcop12<-BiCopCDF(u1, u2, 5, 4.34 , par2=0)
summary(CDFcop12)
CD12<-CDFcop12
write.table(CD12, file="CD12.csv",sep=",")
#Menetukan CDF u2,u3 berdasarkan copula terbaik
CDFcop23<-BiCopCDF(u2,u3, 5, 2.57, par2=0)
summary(CDFcop23)
CD23<-CDFcop23
write.table(CD23,file="CD23.csv",sep=",")
#Menetukan CDF u1,u3 berdasarkan copula terbaik
CDFcop13<-BiCopCDF(u1,u3, 5, 1.78, par2=0)
summary(CDFcop13)
CD13<-CDFcop13
write.table(CD13,file="CD13.csv",sep=",")
#Fungsi h pada conditional copula c1,3|2
#3-demensional D-vine model with mixed pair copula
#sequentila estimation, type=2 D-VINE
data_h=as.matrix(data_copula1)
d=dim(data_h)[2]
fam=c(5,5,5)
seqpar2=CDVineSeqEst(data_h,fam,type =2,method="mle")
# calculate the inputs of the second tree using h-functions
h1 = BiCopHfunc(data_h[,1],data_h[,2],fam[1],seqpar2$par[1])
h2 = BiCopHfunc(data_h[,2],data_h[,3],fam[2],seqpar2$par[2])
#mengkonstruksi data F(u1|u2) dan F(u2|u3)
F21<-h1$hfunc1
F12<-h1$hfunc2
F23<-h2$hfunc1
F32<-h2$hfunc2
write.table(F21,file="F21.csv",sep=",")
write.table(F12,file="F12.csv",sep=",")
write.table(F23,file="F23.csv",sep=",")
write.table(F32,file="F32.csv",sep=",")
```

```
#independence test dari bivariat copula:
BiCopIndTest(F12,F32)
#Estimasi Parameter untuk F12,F32 independent
BiCopEst(F12,F32,family=0, method="mle")
mlec132.1ind<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=0,selectioncrit="AIC",indeptest=TRUE, level=0.05)
summary(mlec132.1ind)
#Simulasi data u1 dan u2 berdasarkan nilai depedensi copula
terbaik
SM12<-BiCopSim(1000, 5, 4.34, par2=0)
SM23<-BiCopSim(1000, 5, 2.57,  par2=0)
write.table(SM12, file="SM12.csv",sep=",")
write.table(SM23, file="SM23.csv",sep=",")
#mencari nilai U1 sayart u2 dengan memanfaatkn data u2 dari
pasangan u2,u3 dan parameter copula terbaik dari u1 dan u2
#memanggil data simulasi1.xls untuk u1,u2,u3
u3s<-simulasi1$u3s
u2s<-simulasi1$u2s
u1s<-simulasi1$u1s
u1s2<-BiCopHinv1(u2s,u1s,5, 4.34, par2=0,  obj = NULL,
check.pars = TRUE)
write.table(u1s2, file="u1s2.csv",sep=",")
#Estimasi Parameter untuk F12,F32
BiCopEst(F12,F32,family=1, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=2, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=3, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=4, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=5, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=6, method="mle")
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC C12, C23
mlec132.1<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=1,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
```

```
mlec132.2<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=2,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.3<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=3,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.4<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=4,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.5<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=5,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.6<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=6,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
summary(mlec132.1)
summary(mlec132.2)
summary(mlec132.3)
summary(mlec132.4)
summary(mlec132.5)
summary(mlec132.6)
BiCopSelect(F12,F23, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
```

LAMPIRAN 4

Program R untuk Perhitungan Premi Asuransi Berdasarkan Indeks Suhu Permukaan

```
library(MASS)
library(readxl)
library(copula)
library(fitdistrplus)
library(readxl)
library(xlsx)
library(stats)
library(gumbel)
library(CDVine)
library(VineCopula)
library(copula)
library(CDVineCopulaConditional)
data<-data.frame(Dataskripsi10)
Hasil_Panen<-data$Hasil.Panen
Suhu<-data$Suhu
Harga_Gabah<-data$Harga.Gabah
#uji korelasi kendall
cor.test(Hasil_Panen,Suhu,method="kendall")
cor.test(Hasil_Panen,Harga_Gabah,method="kendall")
cor.test(Suhu,Harga_Gabah,method="kendall")
#pendefisian fit data copula
fitc<-fitdist(Suhu,"weibull")
fitp<-fitdist(Hasil_Panen,"weibull")
fitg<-fitdist(Harga_Gabah,"weibull")
fitc1<-fitdist(Suhu,"lnorm")
fitp1<-fitdist(Hasil_Panen,"lnorm")
fitg1<-fitdist(Harga_Gabah,"lnorm")
fitc2<-fitdist(Suhu,"norm")
fitp2<-fitdist(Hasil_Panen,"norm")
```

```
fitg2<-fitdist(Harga_Gabah,"norm")
summary(fitc)
summary(fitp)
summary(fitg)
summary(fitc1)
summary(fitp1)
summary(fitg1)
summary(fitc2)
summary(fitp2)
summary(fitg2)
##transformasi data ke uniform[0,1]
HPpl<-
plnorm(Hasil_Panen,mean=fitp1$estimate[1],sd=fitp1$estimate[
2])
Empiriku2<-
data.frame(data=Hasil_Panen,CDF=HPpl,Rank=order(HPpl))
#write.csv(empirikHasil_Panen,file="ue2.csv")
write.table(Empiriku2, file="ue2.csv",sep=",")
#---------
CHpl<-
plnorm(Suhu,mean=fitc1$estimate[1],sd=fitc1$estimate[2])
empiriku3<-data.frame(data=Suhu,CDF=CHpl,Rank=order(CHpl))
#write.csv(empirikCurahHUjan,file="ue3.csv")
write.table(empiriku3, file="ue3.csv",sep=",")
#-----
HGpl<-
plnorm(Harga_Gabah,mean=fitg1$estimate[1],sd=fitg1$estimate
[2])
empiriku1<-
data.frame(data=Harga_Gabah,CDF=HGpl,Rank=order(HGpl))
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="ue1.csv")
write.table(empiriku1, file="ue1.csv",sep=",")
#u1,u2,u3 weibull
```

```
HPpw<-pweibull(Hasil_Panen,shape = fitp$estimate[1],scale =
fitp$estimate[2])
empiriku2w<-
data.frame(data=Hasil_Panen,CDF=HPpw,Rank=order(HPpw))
#write.csv(empirikHasil_Panen,file="ue2w.csv")
write.table(empiriku2w, file="ue2w.csv",sep=",")
#------
CHpw<-pweibull(Suhu,shape = fitc$estimate[1],scale =
fitc$estimate[2])
empiriku3w<-
data.frame(data=Suhu,CDF=CHpw,Rank=order(CHpw))
#write.csv(empirikCurahHUjan,file="ue3w.csv")
write.table(empiriku3w, file="ue3w.csv",sep=",")
#-------
HGpw<-pweibull(Harga_Gabah,shape = fitg$estimate[1],scale =
fitg$estimate[2])
empiriku1w<-
data.frame(data=Harga_Gabah,CDF=HGpw,Rank=order(HGpw))
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="ue1w.csv")
write.table(empiriku1w, file="ue1w.csv",sep=",")
#-------
data_copula1 <- data.frame(u1=HGpl, u2=HPpl, u3=CHpl)
#u1,u2,u3 Gauss
HPpn<-pnorm(Hasil_Panen,mean =
fitp2$estimate[1],sd=fitp2$estimate[2])
Empiriku2n<-
data.frame(data=Hasil_Panen,CDF=HPpn,Rank=order(HPpn))
#write.csv(empirikHasil_Panen,file="ue2n.csv")
write.table(Empiriku2n, file="ue2n.csv",sep=",")
#-------
CHpn<-pnorm(Suhu,mean =
fitc2$estimate[1],sd=fitc2$estimate[2])
Empiriku3n<-
data.frame(data=Suhu,CDF=CHpn,Rank=order(CHpn))
```

```
#write.csv(empirikCurahHUjan,file="ue3n.csv")
write.table(Empiriku3n, file="ue3n.csv",sep=",")
#--------
HGpn<-pnorm(Harga_Gabah,mean =
fitg2$estimate[1],sd=fitg2$estimate[2])
Empiriku1n<-
data.frame(data=Harga_Gabah,CDF=HGpn,Rank=order(HGpn))
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="ue1n.csv")
write.table(Empiriku1n, file="ue1n.csv",sep=",")
#-------
data_copula2 <- data.frame(vn1=HGpn, vn2=HPpn, vn3=CHpn)
u1<-data_copula1$u1
u2<-data_copula1$u2
u3<-data_copula1$u3
vn1<-data_copula2$vn1
vn2<-data_copula2$vn2
vn3<-data_copula2$vn3
#--------
normal.cop.ex<-normalCopula(dim=3,dispstr="ex")
set.seed(1000)
nor.cop.ex<-
pobs(as.matrix(cbind(data$Harga.Gabah,data$Hasil.Panen,data$
Suhu)))
fit.nor.cop<-fitCopula(normal.cop.ex,nor.cop.ex,method='ml')
rhoo<-coef(fit.nor.cop)[1]
copula_dist_gauss<-
mvdc(copula=normalCopula(rhoo,dim=3),margins=c("norm","no
rm","norm"),paramMargins=list(list(mean=fitg2$estimate[1],sd=
fitg2$estimate[2]),list(mean=fitp2$estimate[1],sd=fitp2$estimat
e[2]),list(mean=fitc2$estimate[1],sd=fitc2$estimate[2])))
datacdfgauss<-as.matrix(data)
cdf_mvdgauss<-pMvdc(datacdfgauss,copula_dist_gauss)
teoritikalGaussCopula<-data.frame(Data=data,
CopulaTeoritikal=cdf_mvdgauss)
```

```
#write.csv(empirikHarga_Gabah,file="gauss.csv")
write.table(teoritikalGaussCopula, file="gauss.csv",sep=",")
sim <- rMvdc (1000,copula_dist_gauss)
#write.csv(sim,file="Simguss.csv")
write.table(sim, file="simgauss.csv",sep=",")
#Uji corelasi Kendall
cor.test(u1, u2, method="kendall")
cor.test(u2, u3, method="kendall")
cor.test(u1, u3, method="kendall")
#ujiidependet
BiCopIndTest(u1,u2)
BiCopIndTest(u2,u3)
BiCopIndTest(u1,u3)
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u1, u2
mlec12.1<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=1,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.2<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=2,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.3<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=3,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.4<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=4,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.5<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=5,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec12.6<-BiCopSelect(u1,u2, familyset=6,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
summary(mlec12.1)
summary(mlec12.2)
summary(mlec12.3)
summary(mlec12.4)
summary(mlec12.5)
summary(mlec12.6)
```

```
BiCopSelect(u1,u2, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u2, u3
mlec23.1<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=1,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.2<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=2,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.3<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=3,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.4<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=4,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.5<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=5,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec23.6<-BiCopSelect(u2,u3, familyset=6,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
summary(mlec23.1)
summary(mlec23.2)
summary(mlec23.3)
summary(mlec23.4)
summary(mlec23.5)
summary(mlec23.6)
BiCopSelect(u2,u3, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
#-------
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u2, u3
mlec13.1<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=1,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.2<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=2,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.3<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=3,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
```

```
mlec13.4<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=4,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.5<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=5,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
mlec13.6<-BiCopSelect(u1,u3, familyset=6,selectioncrit="AIC",
level=0.05)
summary(mlec13.1)
summary(mlec13.2)
summary(mlec13.3)
summary(mlec13.4)
summary(mlec13.5)
summary(mlec13.6)
BiCopSelect(u1,u3, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC u1, u3 independet
mlec13.1ind<-BiCopSelect(u1,u3,
familyset=0,selectioncrit="AIC", indeptest=FALSE, level=0.05)
summary(mlec13.1ind)
#Menetukan PDF u1,u2 berdasarkan copula terbaik
PDFcop12<-BiCopPDF(u1, u2, 5, 4.34 , par2=0)
summary(PDFcop12)
PD12<-PDFcop12
write.table(PD12, file="PD12.csv",sep=",")
#Menetukan PDF u2,u3 berdasarkan copula terbaik
PDFcop23<-BiCopPDF(u2,u3, 5, 3.75, par2=0)
summary(PDFcop23)
PD23<-PDFcop23
write.table(PD23,file="PD23.csv",sep=",")
#Menetukan PDF u1,u3 berdasarkan copula terbaik
PDFcop13<-BiCopPDF(u1,u3, 6, 1.64, par2=0)
summary(PDFcop13)
PD13<-PDFcop13
write.table(PD13,file="PD13.csv",sep=",")
```

```
#Menetukan CDF u1,u2 berdasarkan copula terbaik
CDFcop12<-BiCopCDF(u1, u2, 5, 4.34 , par2=0)
summary(CDFcop12)
CD12<-CDFcop12
write.table(CD12, file="CD12.csv",sep=",")
#Menetukan CDF u2,u3 berdasarkan copula terbaik
CDFcop23<-BiCopCDF(u2,u3, 5, 3.75, par2=0)
summary(CDFcop23)
CD23<-CDFcop23
write.table(CD23,file="CD23.csv",sep=",")
#Menetukan CDF u1,u3 berdasarkan copula terbaik
CDFcop13<-BiCopCDF(u1,u3, 6, 1.64, par2=0)
summary(CDFcop13)
CD13<-CDFcop13
write.table(CD13,file="CD13.csv",sep=",")
#Fungsi h pada conditional copula c1,3|2
#3-demensional D-vine model with mixed pair copula
#sequentila estimation, type=2 D-VINE
data_h=as.matrix(data_copula1)
d=dim(data_h)[2]
fam=c(5,5,6)
seqpar2=CDVineSeqEst(data_h,fam,type =2,method="mle")
# calculate the inputs of the second tree using h-functions
h1 = BiCopHfunc(data_h[,1],data_h[,2],fam[1],seqpar2$par[1])
h2 = BiCopHfunc(data_h[,2],data_h[,3],fam[2],seqpar2$par[2])
#mengkonstruksi data F(u1|u2) dan F(u2|u3)
F21<-h1$hfunc1
F12<-h1$hfunc2
F23<-h2$hfunc1
F32<-h2$hfunc2
write.table(F21,file="F21.csv",sep=",")
write.table(F12,file="F12.csv",sep=",")
write.table(F23,file="F23.csv",sep=",")
write.table(F32,file="F32.csv",sep=",")
```

```
#independence test dari bivariat copula:
BiCopIndTest(F12,F32)
#Estimasi Parameter untuk F12,F32 independent
BiCopEst(F12,F32,family=0, method="mle")
mlec132.1ind<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=0,selectioncrit="AIC",indeptest=TRUE, level=0.05)
summary(mlec132.1ind)
#Simulasi data u1 dan u2 berdasarkan nilai depedensi copula
terbaik
SM12<-BiCopSim(1000, 5, 4.34, par2=0)
SM23<-BiCopSim(1000, 5, 3.75,  par2=0)
write.table(SM12, file="SM12.csv",sep=",")
write.table(SM23, file="SM23.csv",sep=",")
#mencari nilai U1 sayart u2 dengan memanfaatkn data u2 dari
pasangan u2,u3 dan parameter copula terbaik dari u1 dan u2
#memanggil data simulasi1.xls untuk u1,u2,u3
u3s<-simulasi2$u3s
u2s<-simulasi2$u2s
u1s<-simulasi2$u1s
u1s2<-BiCopHinv1(u2s,u1s,5, 4.34, par2=0,  obj = NULL,
check.pars = TRUE)
write.table(u1s2, file="u1s2.csv",sep=",")
#Estimasi Parameter untuk F12,F32
BiCopEst(F12,F32,family=1, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=2, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=3, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=4, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=5, method="mle")
BiCopEst(F12,F32,family=6, method="mle")
#Selection and maximum likelihood estimation dengan AIC dan
BIC C12, C23
mlec132.1<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=1,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
```

```
mlec132.2<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=2,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.3<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=3,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.4<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=4,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.5<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=5,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
mlec132.6<-BiCopSelect(F12,F32,
familyset=6,selectioncrit="AIC",indeptest=FALSE, level=0.05)
summary(mlec132.1)
summary(mlec132.2)
summary(mlec132.3)
summary(mlec132.4)
summary(mlec132.5)
summary(mlec132.6)
BiCopSelect(F12,F23, familyset=(1:6),selectioncrit="AIC",
level=0.05)
```

RIWAYAT HIDUP

A. IDENTITAS DIRI

Nama	: Winda Indriani
Tempat, Tanggal Lahir	: Karanganyar, 2 Januari 2002
Alamat	: Kendal Lor, Rt 24, Rw 09, Jatipuro, Jatipuro, Karanganyar
Nomor Kontak	: 081325764259
Email	:windaindriani463@gmail.com
Motto	: The act of wanting to persue something maybe even more precious than actually becoming that thing. Being in the process itself is a prize.

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 03 Jatipuro Tahun Lulus 2013
2. SMPN 01 Jatipuro Tahun Lulus 2016
3. SMAN 1 Karanganyar Tahun Lulus 2019

Semarang, 22 Juni 2023

Winda Indriani
NIM. 1908046045