

SKRIPSI

**PENENTUAN HARGA OPSI ANUITAS DENGAN
MENGUNAKAN METODE POHON BINOMIAL**



Kwa, Jennifer Catherine

NPM: 6161801055

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022**

FINAL PROJECT

**ANNUITY OPTION PRICING USING THE BINOMIAL TREE
METHOD**



Kwa, Jennifer Catherine

NPM: 6161801055

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENENTUAN HARGA OPSI ANUITAS DENGAN
MENGUNAKAN METODE POHON BINOMIAL**

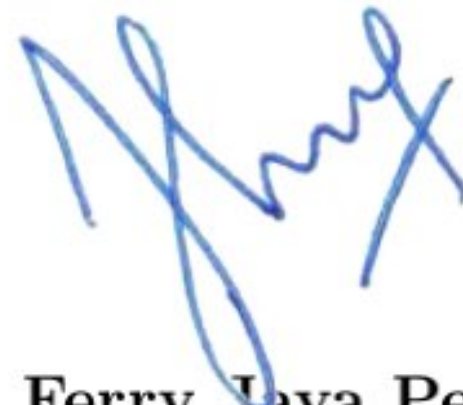
Kwa, Jennifer Catherine

NPM: 6161801055

Bandung, 21 Januari 2022

Menyetujui,

Pembimbing



Dr. Ferry Jaya Permana

Ketua Tim Penguji



Agus Sukmana, M.Sc.

Anggota Tim Penguji



Dr. Erwinna Chendra

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Livia Owen

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENENTUAN HARGA OPSI ANUITAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE POHON BINOMIAL

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 21 Januari 2022



Kwa, Jennifer Catherine
NPM: 6161801055

ABSTRAK

Anuitas jiwa merupakan produk asuransi yang umum dijual oleh perusahaan asuransi jiwa, selain produk asuransi jiwa. Anuitas jiwa biasanya dibeli sebagai instrumen untuk program pensiun. Karena kontrak anuitas jiwa memiliki mekanisme kerja yang sama dengan kontrak asuransi jiwa *endowment* murni, yaitu pengumpulan premi dan pembayaran manfaat ketika tertanggung atau *annuitant* dapat bertahan hidup, maka pembelian anuitas jiwa n tahun dapat dianalogikan sebagai pembelian asuransi jiwa *endowment* murni n tahun. Ketika kematian terjadi sebelum n tahun, maka manfaat asuransi jiwa *endowment* murni n tahun tidak akan dibayarkan. Oleh karena itu, menunda pembelian asuransi jiwa *endowment* murni n tahun menjadi salah satu alternatif. Selain bergantung pada tingkat suku bunga, harga asuransi jiwa *endowment* murni bergantung pada peluang bertahan hidup dari tertanggung, di mana akan semakin mahal ketika peluang bertahan hidup tertanggung semakin tinggi karena peluang pembayaran manfaat oleh perusahaan asuransi akan semakin besar. Risiko kerugian akibat ketidakpastian harga asuransi jiwa *endowment* murni karena perubahan tingkat suku bunga dan kondisi kesehatan peserta asuransi dapat diminimalkan dengan membeli opsi *endowment* murni yang ditawarkan oleh perusahaan asuransi jiwa. Dengan adanya opsi tersebut, peserta asuransi memiliki hak untuk memperoleh asuransi jiwa *endowment* murni sebesar harga kesepakatan jika harga dari asuransi jiwa *endowment* murni lebih mahal dari harga kesepakatan. Perusahaan asuransi jiwa perlu menetapkan harga opsi yang wajar sehingga tidak ada pihak yang dirugikan. Pada skripsi ini, akan digunakan metode pohon binomial untuk menentukan harga opsi dengan mengasumsikan dua kemungkinan kondisi kesehatan tertanggung, yaitu kondisi sehat dan sakit.

Kata-kata kunci: Asuransi Jiwa *Endowment* Murni, Anuitas Jiwa, Opsi, Metode Pohon Binomial

ABSTRACT

In addition to life insurance, life annuities are popular insurance products sold by life insurance firms. Typically, life annuities are bought as an instrument for retirement plan. The purchase of an n -year life annuity can be compared to the purchase of n -year pure endowment life insurance because the life annuity contract has the same working mechanism as a pure endowment life insurance contract, namely the collection of premiums and payment of benefits when the insured or annuitant survives. The n -year pure endowment life insurance benefit will not be paid if death occurs before n years. As a result, postponing the purchase of pure endowment life insurance for n years is an option. In addition to the interest rate, the price of pure endowment life insurance is solely determined by the insured's odds of surviving, which will be more expensive as the insured's chances of survival increase because the insurance company's potential to pay benefits will increase. The risk of loss due to uncertainty in the price of pure endowment life insurance due to changes in interest rates and health conditions of insurance participants can be minimized by purchasing a pure endowment option offered by a life insurance company. If the price of pure endowment life insurance is greater than the strike price, insurance participants have the option to purchase pure endowment life insurance at the strike price. So that neither party suffers, life insurance firms must set appropriate option costs. The option price will be determined using the binomial tree approach in this thesis, assuming two possible health states for the insured, namely health and illness.

Keywords: Pure Endowments Life Insurance, Life Annuity, Option, Binomial Tree Method

Untuk Tuhan Yesus dan keluarga...

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Penentuan Harga Opsi Anuitas dengan Menggunakan Metode Pohon Binomial". Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam jenjang perkuliahan Strata-1 jurusan Matematika di Universitas Katolik Parahyangan serta memberikan gambaran mengenai metode yang dapat digunakan untuk menentukan harga opsi anuitas yang diterbitkan oleh perusahaan asuransi jiwa.

Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang memberikan saran, dukungan, serta bantuan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

- Orang tua dan keluarga penulis yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penulis dapat sampai ke tahap ini.
- Bapak Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI selaku dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing penulis selama penulisan skripsi ini.
- Bapak Agus Sukama, M.Sc. dan Ibu Dr. Erwinna Chendra selaku dosen penguji yang telah membantu penulis dalam memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi ini.
- Bapak Liem Chin, M.Si. selaku dosen koordinator skripsi yang telah memberikan arahan kepada seluruh mahasiswa mata kuliah Skripsi.
- Seluruh dosen Matematika UNPAR yang sudah memberikan ilmu kepada penulis selama masa kuliah.
- Vera Tesalonika dan Aileen Natasha yang selalu menemani dan mendengarkan keluh kesah penulis.
- Avelino Kostka yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
- Ko Felix dan Dimas yang selalu membantu dan mendengarkan cerita penulis selama masa kuliah.
- Teman-teman jurusan matematika angkatan 2018 dan 2019 yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk penyempurnaan skripsi ini.

Bandung, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| KATA PENGANTAR | xv |
| DAFTAR ISI | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Sistematika Pembahasan | 2 |
| 2 LANDASAN TEORI | 3 |
| 2.1 Obligasi | 3 |
| 2.2 Distribusi Survival | 4 |
| 2.3 Asuransi Jiwa | 5 |
| 2.3.1 Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> murni | 5 |
| 2.4 Konsep Opsi | 6 |
| 2.5 Metode Pohon Binomial Opsi <i>Call</i> Eropa | 7 |
| 3 KONSEP OPSI DALAM ASURANSI JIWA | 9 |
| 3.1 Peubah Acak untuk Menentukan Harga Opsi | 9 |
| 3.2 Konsep Replikasi Portofolio dalam Penentuan Harga Opsi | 11 |
| 3.3 Konsep Lindung Nilai dalam Penentuan Harga Opsi | 15 |
| 3.4 Rumus Umum Opsi <i>Endowment</i> Murni | 23 |
| 3.5 Tingkat Suku Bunga Stokastik | 24 |
| 4 SIMULASI | 27 |
| 4.1 Harga Asuransi <i>Endowment</i> Murni 6 Tahun | 27 |
| 4.2 Opsi <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun dengan Tingkat Suku Bunga 0 | 29 |
| 4.3 Opsi <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun dengan Tingkat Suku Bunga Tidak Sama dengan 0 | 32 |
| 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 35 |
| 5.1 Kesimpulan | 35 |
| 5.2 Saran | 35 |
| DAFTAR REFERENSI | 37 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Waktu Pembayaran Manfaat Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> murni n tahun | 6 |
| 2.2 | Pohon Binomial 2 Langkah. | 7 |
| 2.3 | Pohon Binomial 2 Langkah Harga Opsi <i>Call</i> Jenis Eropa. | 7 |
| 3.1 | Peluang Bertahan Hidup 1 Tahun Peserta Asuransi. | 17 |
| 3.2 | Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 1 Tahun. | 18 |
| 3.3 | Lintasan Kondisi 1 Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 1 Tahun. | 18 |
| 3.4 | Lintasan Kondisi 2 Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 1 Tahun. | 19 |
| 3.5 | Peluang Bertahan Hidup 2 Tahun Peserta Asuransi. | 19 |
| 3.6 | Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 2 Tahun. | 20 |
| 3.7 | Lintasan Kondisi 1 Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 2 Tahun. | 21 |
| 3.8 | Lintasan Kondisi 2 Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 2 Tahun. | 21 |
| 3.9 | Lintasan Kondisi 3 harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 2 Tahun. | 22 |
| 3.10 | Lintasan Kondisi 4 Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 2 Tahun. | 22 |
| 3.11 | Peluang Bertahan Hidup Peserta Asuransi. | 24 |
| 3.12 | Harga Obligasi Tanpa Kupon 1 Tahun. | 25 |
| 4.1 | Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> murni 6 Tahun pada Berbagai Tingkat Suku Bunga | 28 |
| 4.2 | Peluang Bertahan Hidup 2 Tahun Peserta Asuransi yang Berusia 50 Tahun. | 29 |
| 4.3 | Peluang Bertahan Hidup 5 Tahun Peserta Asuransi yang Berusia 50 Tahun. | 30 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | TMI IV untuk Wanita | 27 |
| 4.2 | Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 6 Tahun | 28 |
| 4.3 | <i>Payoff</i> Opsi <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun | 31 |
| 4.4 | <i>Payoff</i> Opsi <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun yang Didiskontokan | 32 |
| 4.5 | Harga Asuransi Jiwa <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun | 32 |
| 4.6 | Harga Kesepakatan Opsi <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun | 33 |
| 4.7 | Harga Opsi <i>Endowment</i> Murni 3 Tahun | 33 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menjalankan bisnisnya, terdapat dua produk dari perusahaan asuransi jiwa yang umumnya dipasarkan, yaitu produk asuransi jiwa dan produk anuitas jiwa. Asuransi jiwa adalah asuransi yang membayarkan manfaat ketika terjadi kematian atau ketika tertanggung dapat bertahan hidup hingga waktu yang telah ditentukan. Di Indonesia, terdapat empat jenis asuransi jiwa yang dikenal, yaitu asuransi jiwa seumur hidup, asuransi jiwa berjangka, asuransi jiwa *endowment* murni, dan asuransi jiwa dwiguna. Pada dasarnya, pemegang polis asuransi jiwa akan membayarkan premi, baik secara berkala atau sekaligus (*lump sum*) kepada perusahaan asuransi jiwa. Perusahaan asuransi jiwa kemudian akan membayarkan manfaat secara sekaligus ketika tertanggung meninggal atau dapat bertahan hidup hingga jangka waktu polis asuransi jiwa berakhir. Selain itu, terdapat anuitas jiwa yang juga merupakan produk dari perusahaan asuransi jiwa yang bertujuan untuk memberikan pembayaran manfaat di masa yang akan datang. Serupa dengan asuransi jiwa, pemilik anuitas jiwa akan membayarkan premi, baik secara berkala maupun sekaligus, yang kemudian kumpulan premi tersebut akan digunakan oleh perusahaan asuransi jiwa untuk membayarkan manfaat selama tertanggung masih hidup.[1]

Selain produk asuransi jiwa dan anuitas jiwa, perusahaan asuransi jiwa juga dapat menawarkan opsi anuitas, yaitu kontrak yang memberikan pembelinya hak, namun bukan kewajiban, untuk membeli sebuah anuitas pada harga dan waktu yang sudah disepakati bersama.[2] Tantangan utama dari penjualan opsi anuitas terdapat pada penentuan harga opsi itu sendiri. Harga opsi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kurangnya peminat terhadap opsi yang ditawarkan. Namun, harga opsi yang terlalu rendah memberikan risiko kerugian kepada perusahaan asuransi jiwa sebagai penerbit opsi. Anuitas jiwa dapat dianalogikan sebagai asuransi jiwa *endowment* murni karena memiliki kerja yang sama. Misalkan terdapat seorang peserta asuransi yang saat ini berusia x ingin membeli asuransi jiwa *endowment* murni n tahun. Peserta asuransi tersebut memiliki dua pilihan waktu pembelian, yaitu membeli asuransi jiwa *endowment* murni n tahun pada usia x atau membeli asuransi jiwa *endowment* murni $n - k$ tahun pada usia $x + k$. Namun, pembelian asuransi jiwa *endowment* murni pada usia $x + k$ dapat berisiko bagi peserta asuransi itu sendiri karena ketidakpastian tingkat mortalita di tahun berikutnya. Untuk meminimalkan kerugian tersebut, peserta asuransi dapat membeli opsi yang ditawarkan oleh perusahaan asuransi jiwa. Dengan demikian, jika harga asuransi jiwa mengalami peningkatan yang signifikan, peserta asuransi tetap dapat membeli asuransi jiwa tersebut sebesar harga kesepakatan.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa dengan adanya opsi anuitas, peserta asuransi dapat meminimalkan risiko kerugian. Sebaliknya, perusahaan asuransi jiwa sebagai penerbit opsi juga perlu menetapkan harga opsi yang wajar agar tidak mengalami kerugian akibat penjualan opsi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu model untuk menentukan harga opsi yang wajar sehingga baik peserta asuransi maupun perusahaan asuransi jiwa tidak dirugikan. Pada skripsi ini akan dibahas bagaimana menentukan harga opsi yang wajar dengan menggunakan metode pohon binomial, yaitu metode sederhana yang dapat digunakan untuk menentukan harga opsi dengan mengasumsikan dua kemungkinan kondisi kesehatan tertanggung pada tahun-tahun berikutnya. Penentuan harga opsi

dengan metode pohon binomial dilakukan karena metode pohon binomial memiliki karakteristik yang cukup sesuai dengan opsi *anuitas*, di mana hanya mempertimbangkan dua kemungkinan kondisi kesehatan tertanggung.[2] Karena peserta asuransi hanya memiliki hak untuk membeli anuitas dan hanya dapat mengeksekusi opsi tersebut pada saat jatuh tempo, maka jenis opsi yang digunakan pada skripsi ini adalah opsi *call* Eropa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana memodelkan harga opsi dengan menggunakan metode pohon binomial pada tingkat suku bunga konstan?
2. Bagaimana pengaruh perubahan tingkat suku bunga konstan terhadap harga opsi?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi adalah sebagai berikut.

1. Memodelkan harga opsi dengan menggunakan metode pohon binomial pada tingkat suku bunga konstan.
2. Mengetahui pengaruh perubahan tingkat suku bunga konstan terhadap harga opsi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Jenis asuransi jiwa yang digunakan adalah asuransi jiwa *endowment* murni.
2. Jenis opsi yang digunakan adalah opsi *call* Eropa.
3. Peluang kematian berasal dari Tabel Mortalita Indonesia IV.

1.5 Sistematika Pembahasan

Pembahasan pada skripsi ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

Bab 1: Pendahuluan

Bab ini memberi gambaran dari isi skripsi yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, dan sistematika pembahasan.

Bab 2: Landasan Teori

Bab ini membahas teori yang mendukung dan berkaitan dalam pembahasan skripsi seperti obligasi, distribusi survival, asuransi jiwa, opsi, dan metode pohon binomial untuk opsi *call* Eropa.

Bab 3: Konsep Opsi dalam Asuransi Jiwa

Bab ini membahas penerapan konsep-konsep yang digunakan untuk menentukan harga opsi *endowment* murni.

Bab 4: Simulasi

Bab ini memuat aplikasi penentuan harga asuransi jiwa *endowment* murni dan harga opsi *endowment* murni.

Bab 5: Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan keseluruhan pembahasan skripsi ini dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.