

TUGAS AKHIR - KA 184801

**PENDEKATAN TEORI KONTRAK TERHADAP
DIMINISHING MUSYARAKAH DENGAN ESTIMASI HARGA
ASET BERBASIS METODE BINOMIAL**

IVAN TANUWIJAYA
NRP 0631184000021

Dosen Pembimbing

Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc

NIP 1992201911068

Endah Rokhmati M. P., Ph.D

NIP 197612132002122001

**PROGRAM STUDI SAINS AKTUARIA
DEPARTEMEN AKTUARIA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2022



TUGAS AKHIR - KA 184801

**PENDEKATAN TEORI KONTRAK TERHADAP
DIMINISHING MUSYARAKAH DENGAN ESTIMASI HARGA
ASET BERBASIS METODE BINOMIAL**

**IVAN TANUWIJAYA
NRP 0631184000021**

Dosen Pembimbing

Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc

NIP 1992201911068

Endah Rokhmati M. P., Ph.D

NIP 197612132002122001

Program Studi Sains Aktuaria

Departemen Aktuaria

Fakultas Sains Dan Analitika Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - KA 184801

**CONTRACT THEORY APPROACH TO DIMINISHING
MUSYRAKAH WITH ASSET PRICE ESTIMATION BASED
ON BINOMIAL METHOD**

IVAN TANUWIJAYA
NRP 06311840000021

Advisor

Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc

NIP 1992201911068

Endah Rokhmati M. P., Ph.D

NIP 197612132002122001

Study Program Actuarial Science

Actuarial Department

Faculty of Science and Data Analytics

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN





PENDEKATAN TEORI KONTRAK TERHADAP DIMINISHING MUSYARAKAH DENGAN ESTIMASI HARGA ASET BERBASIS METODE BINOMIAL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Ilmu Aktuaria pada
Program Studi Sarjana Sains Aktuaria
Departemen Aktuaria
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **IVAN TANUWIJAYA**
NRP. 0631184000021

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- | | | |
|---|---------------|---|
| 1. Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc | Pembimbing | () |
| 2. Endah Rokhmati M. P., Ph.D | Ko-Pembimbing | () |
| 3. R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D | Penguji | () |
| 4. Imam Safawi Ahmad, S.Si., M.Si | Penguji | () |

SURABAYA
Juli, 2022

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

APPROVAL SHEET



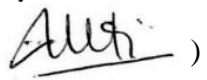

CONTRACT THEORY APPROACH TO DIMINISHING MUSYRAKAH WITH ASSET PRICE ESTIMATION BASED ON BINOMIAL METHOD

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree Bachelor of Actuarial Science at
Undergraduate Study Program of Actuarial Science
Department of Actuarial Science
Faculty of Science and Data Analytics
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **IVAN TANUWIJAYA**
NRP. 0631184000021

Approved by Final Project Examiner Team:

- | | | |
|---|------------|---|
| 1. Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc | Advisor | () |
| 2. Endah Rokhmati M. P., Ph.D | Co-Advisor | () |
| 3. R. Mohamad Atok, M.Si., Ph.D | Examiner | () |
| 4. Imam Safawi Ahmad, S.Si., M.Si | Examiner | () |

SURABAYA
July, 2022

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

PERNYATAAN ORISINILITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Ivan Tanuwijaya / 0631184000021
Departemen : Aktuarial
Dosen Pembimbing / NIP : Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc /
1992201911068

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pendekatan Teori Kontrak Terhadap Diminishing Musyarakah Dengan Estimasi Harga Aset Berbasis Metode Binomial” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

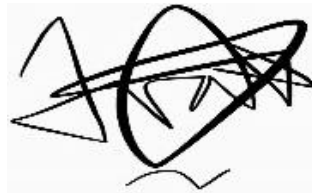
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc)
NIP. 1992201911068

Surabaya, Juli 2022
Mahasiswa



(Ivan Tanuwijaya)
NRP. 0631184000021

Dosen Ko-Pembimbing



(Endah Rokhmati M. P., Ph.D)
NIP. 197612132002122001

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Ivan Tanuwijaya / 0631184000021
Department : Aktuaria
Advisor / NIP : Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc /
1992201911068

Hereby declare that Final Project with the title of “Contract Theory Approach To Diminishing Musyrakah With Price Estimation Based On Binomial Method” is the result of my own work, is original, and written by following rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Acknowledged
Advisor



(Wawan Hafid S., S.Si, M.Si, M.Act.Sc)
NIP. 1992201911068

Surabaya, July 2022
Student



(Ivan Tanuwijaya)
NRP. 0631184000021

Co-Advisor



(Endah Rokhmati M. P., Ph.D)
NIP. 197612132002122001

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

PENDEKATAN TEORI KONTRAK TERHADAP DIMINISHING MUSYARAKAH DENGAN ESTIMASI HARGA ASET BERBASIS METODE BINOMIAL

Nama / NRP : Ivan Tanuwijaya / 0631184000021
Departemen : Aktuaria FSAD-ITS
Pembimbing : Wawan Hafid S., S.Si., M.Si., MAct.Sc.
Endah Rokhmati M. P., Ph. D

Abstrak

Penerapan prinsip syariah dalam kegiatan ekonomi adalah dengan menjauhi *riba* (bunga), *gharar* (penutupan informasi), *qimar* (perjudian), dan *maysir* (ketidakpastian dan penipuan). Sebagai antisipasi dari pelanggaran prinsip syariah dalam suatu transaksi dibuatlah kontrak atau dalam ekonomi syariah disebut sebagai akad. Berkembangnya ekonomi syariah saat ini memicu adanya perkembangan dari akad-akad yang telah ada. Salah satu akad yang akan dibahas pada penelitian ini adalah *Musyarakah Mutanaqishah* atau *Diminishing Musyarakah*. *Diminishing Musyarakah* adalah bentuk kerjasama antara pemodal dengan nasabah dalam hal pembelian suatu barang/harta yang kepemilikannya dimiliki secara bersama-sama yang porsinya disesuaikan dengan persentase/bagian dari jumlah modal. Penelitian dilakukan dalam 3 tahap, yaitu pembentukan formula tingkat imbal hasil menggunakan metode binomial, penerapan teori kontrak pada formula, dan simulasi parameter pada formula akhir. Pada penerapan teori kontrak dilakukan pembagian dua jenis nasabah berdasarkan jumlah biaya *perawatan* yang bersedia nasabah bayarkan, yaitu *low* dan *high*. Berdasarkan simulasi parameter, jumlah nasabah tipe *high* dalam populasi nasabah akan menurunkan tingkat imbal hasil pemodal dikarenakan keuntungan yang didapatkan pemodal dari nasabah tipe *high* akan lebih kecil dibandingkan nasabah tipe *low*. Selain itu, simulasi parameter juga menunjukkan bahwa aset dengan volatilitas yang tinggi akan memberikan tingkat imbal hasil yang lebih besar kepada pemodal. Hal ini juga mengindikasikan bahwa pemilihan aset dan seleksi nasabah yang tepat akan meningkatkan tingkat imbal hasil yang bisa dimiliki oleh pemodal.

Kata Kunci: Ekonomi Syariah, *Diminishing Musyarakah*, Tingkat Imbal Hasil, Teori Kontrak, Metode Binomial

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

CONTRACT THEORY APPROACH TO DIMINISHING MUSYRAKAH WITH PRICE ESTIMATION BASED ON BINOMIAL PRICING

Name / NRP : Ivan Tanuwijaya / 0631184000021
Department : Actuarial Science FSCIENTICS-ITS
Advisor : Wawan Hafid S., S.Si., M.Si., MAct.Sc.
Endah Rokhmati M. P., Ph.D

Abstract

Application of sharia principles in economic activities is to stay away from *riba* (interest), *gharar* (closing information), *qimar* (gambling), and *maysir* (uncertainty and fraud). In anticipation of violating sharia principles in a transaction, a contract is made, or in sharia economics, it's called *Akad*. The current development of the sharia economy has triggered the development of existing contracts. One of the contracts discussed in this study is Diminishing Musyarakah. Diminishing Musyarakah is a form of cooperation between investors and customers regarding purchasing an asset whose ownership is jointly owned with the ownership portion adjusted to the share of total capital. The research was carried out in 3 stages: the formation of a rate of return formula using the binomial method, application of contract theory to the formula, and parameter simulation in the final formula. In applying contract theory, two types of customers are divided based on the number of maintenance costs that customers are willing to pay, namely low and high. Based on the parameter simulation, the number of high-type customers in the customer population will reduce the return on investors because the profits obtained by investors from high-type customers will be smaller than from low-type customers. In addition, the parameter simulation also shows that assets with high volatility will provide a higher rate of return to investors. This also indicates that selecting appropriate assets and customer selection will increase the level of return that investors can own.

Keywords: Sharia Economy, Diminishing *Musyarakah*, Return, Contract Theory, Binomial Method

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

KATA PENGANTAR

Atas berkat dan rahmat Tuhan YME, penulis dapat menyelesaikan dengan baik tugas akhir ini yang berjudul

"PENDEKATAN TEORI KONTRAK TERHADAP DIMINISHING MUSYARAKAH DENGAN ESTIMASI HARGA BERBASIS BINOMIAL PRICING"

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Aktuaria FSAD Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada:

1. Tuhan YME karena telah banyak memberikan kekuatan, dan ketegaran kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Drs. Soehardjoepri, M.Si. selaku Kepala Departemen Aktuaria FSAD ITS.
3. Bapak Wawan Hafid Syaifudin, S.Si, M.Si, M.Act.Sc dan Ibu Endah Rokhmati M. P., S.Si, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik, serta Bapak Imam Safawi Ahmad, S.Si., M.Si selaku dosen penguji karena telah memberikan banyak masukan demi kemajuan tugas akhir penulis.
4. Bapak R. Mohamad Atok, M.Si., Ph. D selaku dosen penguji dan dosen wali yang memberikan arahan akademik dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Aktuaria FSAD ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Departemen Aktuaria FSAD ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu namanya.
6. Orang tua dan keluarga yang terus memberikan semangat dan doa dengan tulus demi kelancaran pendidikan penulis.
7. Wisnu, Tyas, Kelvin, Tami, Eric, Indra, Rayhan (Joko), Nathan, Firda, dan teman-teman Arkagana yang membantu dan memberikan dukungan sejak awal memulai studi hingga penyusunan tugas akhir.
8. Melinda, Dhea, Audrey, Caca, Palupi, dan teman-teman HIMASAKTA ITS yang telah memberikan pengalaman organisasi yang tak terlupakan bagi penulis selama perkuliahan berlangsung.
9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terimakasih atas doa dan dukungan kepada penulis sampai dengan selesainya tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi penyelesaian tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi banyak pihak.

Cilegon, Juli 2022

Penulis

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

DAFTAR ISI

	hal
LEMBAR PENGESAHAN	iii
APPROVAL SHEET	v
PERNYATAAN ORISINILITAS	vii
STATEMENT OF ORISINILITY	ix
Abstrak	xi
Abstract	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Diminishing Musyarakah.....	3
2.3 Metode Binomial	4
2.3.1 No arbitrage.....	5
2.3.2 Valuasi Risk-Neutral	6
2.3.3 Generalisasi Formula Metode Pohon Binomial N Langkah	6
2.3.4 Nilai dari $p = 12$	7
2.3.5 Volatilitas pada Metode Binomial.....	8
2.4 Teori Kontrak.....	10
2.4.1 Model Ekonomi Sempel untuk Adverse Selection	10
2.4.2 Diskriminasi Harga	10
2.4.3 Optimal Nonlinear Pricing	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Studi Literatur	13
3.2 Membentuk Model Matematika dari Tingkat Imbal Hasil	13
3.3 Penerapan Teori Kontrak terhadap Model	13
3.4 Simulasi Parameter Model	14
3.5 Penarikan Kesimpulan	14

3.6 Penyelesaian Laporan Tugas Akhir	14
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	15
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Penerapan Metode Binomial	17
4.1.1 Penyesuaian Analogi Parameter	17
4.1.2 Penyesuaian Parameter dengan Metode Binomial.....	17
4.2 Formula Dasar	21
4.3 Mengatasi Moral Hazard	22
4.4 Penerapan asumsi <i>Adverse Selection</i>	23
4.5 Formula Akhir Tingkat Imbal Hasil Pemodal	28
4.6 Simulasi Parameter Model.....	30
4.6.1 Simulasi Parameter β	30
4.6.2 Simulasi Parameter σ	33
4.6.3 Simulasi Parameter θ	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	41
BIODATA PENULIS.....	105

DAFTAR GAMBAR

	hal
Gambar 2.1 Skema dari <i>Diminishing Musyarakah</i>	4
Gambar 2.2 Skema perubahan harga dan payoff pada metode pohon binomial.....	5
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 4.1 Perbandingan skema harga dan <i>payoff</i> pada Binomial satu langkah	18
Gambar 4.2 Perbandingan skema harga dan payoff pada Binomial dua langkah.....	20
Gambar 4.3 Perbandingan skema harga dan payoff pada Binomial n langkah.....	20
Gambar 4.4 Grafik pengaruh β pada tingkat imbal hasil pemodal untuk (a) $\Delta\theta = 0.3$, (b) $\Delta\theta = 0.5$, (c) $\Delta\theta = 1$	32
Gambar 4.5 Grafik pengaruh σ pada tingkat imbal hasil pemodal untuk untuk (a) $\Delta\theta = 0.3$, (b) $\Delta\theta = 0.5$, (c) $\Delta\theta = 1$	34
Gambar 4.6 Grafik pengaruh perubahan dan selisih θ untuk setiap tipe nasabah pada tingkat imbal hasil pemodal.....	35

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 3.1 Parameter Penelitian	14
Tabel 4.1 Penyesuaian analogi antara metode binomial dengan <i>Diminishing Musyarakah</i>	17
Tabel 4.2 Asumsi parameter simulasi β	31
Tabel 4.3 Asumsi parameter simulasi σ	33
Tabel 4.4 Asumsi parameter simulasi θ	35

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

DAFTAR SIMBOL

No.	Simbol	Keterangan
1.	r_f	Tingkat imbal hasil dari pemodal
2.	β	Proporsi nasabah tipe <i>high</i> dalam populasi nasabah
3.	P_0	Harga awal dari aset kontrak
4.	A	Perubahan harga dari aset
5.	θ	Margin apresiasi aset
6.	θ_H	Margin apresiasi aset untuk nasabah tipe <i>high</i>
7.	θ_L	Margin apresiasi aset untuk nasabah tipe <i>low</i>
8.	S_0	Harga awal dari aset pada metode pohon binomial
9.	T	Periode dari opsi (Metode pohon binomial) / besar yang dibayarkan pembeli kepada penjual (Teori kontrak)
10.	u	Rasio dari kenaikan harga aset
11.	d	Rasio dari penurunan harga aset
12.	f	<i>Payoff</i> dari opsi
13.	f_u	<i>Payoff</i> dari opsi ketika harga aset mengalami kenaikan satu kali
14.	f_d	<i>Payoff</i> dari opsi ketika harga aset mengalami penurunan satu kali
15.	Δ	Banyak saham pada portofolio opsi
16.	r	Tingkat bebas risiko
17.	p	Peluang kenaikan dari harga aset
18.	$E(.)$	Nilai ekspektasi
19.	$E(S_T)$	Nilai ekspektasi dari harga aset saat periode opsi berakhir
20.	f_{uu}	<i>Payoff</i> dari opsi ketika harga aset mengalami kenaikan dua kali
21.	f_{ud}	<i>Payoff</i> dari opsi ketika harga aset mengalami kenaikan satu kali dan penurunan satu kali
22.	f_{dd}	<i>Payoff</i> dari opsi ketika harga aset mengalami penurunan dua kali
23.	$f_{u^j,d^{n-j}}$	<i>Payoff</i> dari opsi ketika harga aset mengalami kenaikan sebanyak j kali dan penurunan sebanyak $(n - j)$ kali
24.	Δt	Periode setiap terjadinya perubahan harga aset
25.	$E(X)$	Nilai ekspektasi dari volatilitas harga aset
26.	$E(X^2)$	Nilai momen kedua dari perubahan harga aset
27.	$Var(X)$	Nilai varians dari perubahan harga aset
28.	σ	Standar deviasi / volatilitas dari perubahan harga aset
29.	q	Banyak barang yang dibeli
30.	$P(x, \theta)$	Fungsi invers dari kurva permintaan pembeli dengan karakteristik θ
31.	$u(q, T, \theta)$	Fungsi utilitas dari konsumen dengan karakteristik θ
32.	$v(q)$	Fungsi harga terhadap jumlah barang dari barang yang dijual pada transaksi
33.	π	Keuntungan yang diperoleh penjual
34.	c	Biaya yang dikeluarkan penjual untuk suatu transaksi / <i>Biaya perawatan (Diminishing Musyarakah)</i>
35.	$E(\Delta P)$	Nilai ekspektasi dari perubahan harga aset kontrak
36.	$E(P_t)$	Nilai ekspektasi dari harga aset saat periode kontrak berakhir atau t
37.	t	Waktu saat periode kontrak berakhir
38.	$p(c)$	Fungsi peluang kenaikan harga aset kontrak terhadap c

39.	K_{S0}	Besar modal yang dibayarkan oleh nasabah terhadap aset kontrak
40.	K_{H0}	Besar modal yang dibayarkan oleh nasabah tipe <i>high</i> terhadap aset kontrak
41.	K_{L0}	Besar modal yang dibayarkan oleh nasabah tipe <i>low</i> terhadap aset kontrak
42.	$y^{uj,d(n-j)}$	<i>Payoff</i> dari aset ketika harga aset mengalami kenaikan sebanyak j kali dan penurunan sebanyak $(n - j)$ kali
43.	$E(K_{ST})$	Nilai ekspektasi besar kepemilikan yang dimiliki pemodal saat akhir periode kontrak
44.	X_T	Akumulasi pendapatan yang dimiliki nasabah pada saat periode kontrak berakhir
45.	r_s	Tingkat imbal hasil dari nasabah
46.	u_f	Fungsi utilitas dari pemodal
47.	u_s	Fungsi utilitas dari nasabah
48.	$e(c)$	Fungsi turunan pertama dari binomial n langkah
49.	$p'(c)$	Fungsi turunan pertama dari peluang kenaikan harga aset kontrak terhadap c
50.	c_H	Biaya <i>maintenance</i> dari nasabah tipe <i>high</i>
51.	c_L	Biaya <i>maintenance</i> dari nasabah tipe <i>low</i>
52.	$E[P_t(c_H)]$	Nilai ekspektasi dari harga aset pada akhir kontrak untuk nasabah tipe <i>high</i>
53.	$E[P_t(c_L)]$	Nilai ekspektasi dari harga aset pada akhir kontrak untuk nasabah tipe <i>low</i>
54.	$E[K_t(c_H)]$	Nilai ekspektasi besar kepemilikan yang dimiliki pemodal saat akhir periode kontrak untuk nasabah tipe <i>high</i>
55.	$E[K_t(c_L)]$	Nilai ekspektasi besar kepemilikan yang dimiliki pemodal saat akhir periode kontrak untuk nasabah tipe <i>low</i>
56.	a	$\sigma\sqrt{\Delta T}$
57.	r_{fH}	Tingkat imbal hasil pemodal dari nasabah tipe <i>high</i>
58.	r_{fL}	Tingkat imbal hasil pemodal dari nasabah tipe <i>low</i>

DAFTAR LAMPIRAN

	hal
LAMPIRAN A Tabel Simulasi Parameter β	41
LAMPIRAN B Tabel Simulasi Parameter σ	59
LAMPIRAN C Simulasi Parameter θ	77
LAMPIRAN D Grafik Penelitian Simulasi Parameter β	80
LAMPIRAN E Grafik Penelitian Simulasi Parameter σ	82
LAMPIRAN F Grafik Penelitian Simulasi Parameter θ	84
LAMPIRAN G Formula <i>Payoff</i> dari Opsi menggunakan Prinsip No Arbitrage	85
LAMPIRAN H Formula <i>Payoff</i> dari Opsi untuk Metode Binomial 2 Langkah	86
LAMPIRAN I Formula Rasio Perubahan Harga dengan Volatilitas	87
LAMPIRAN J Formula Peluang untuk Penyesuaian Parameter Binomial	88
LAMPIRAN K Momen Pertama dan Kedua Perubahan Harga Aset Kontrak	89
LAMPIRAN L Rasio Perubahan Harga pada <i>Diminishing Musyarakah</i>	90
LAMPIRAN M Formula Harga Aset pada Waktu Kontrak Berakhir	91
LAMPIRAN N Formula Ekspektasi Akumulasi Pembayaran Nasabah kepada Pemodal	92
LAMPIRAN O Formula Dasar Tingkat Imbal Hasil Nasabah (r_s) dan Pemodal (r_f)	93
LAMPIRAN P Penurunan Formula Utilitas Nasabah Sebelum Diskriminasi Harga	94
LAMPIRAN Q Limit dari Formula $e(c)$ untuk $p(c)$ mendekati $\frac{1}{2}$	95
LAMPIRAN R Limit dari Formula $e(c)$ untuk $p(c)$ mendekati 1	96
LAMPIRAN S Penurunan Formula Utilitas Nasabah Setelah Diskriminasi Harga	97
LAMPIRAN T Formula e^{-c} Optimal	98
LAMPIRAN U Formula $p(c)$, c , dan $E[P_t(c)]$	99
LAMPIRAN V Optimalisasi Modal Awal Nasabah tipe <i>Low</i> (K_{L0})	100
LAMPIRAN W Optimalisasi Modal Awal Nasabah tipe <i>High</i> (K_{H0})	101
LAMPIRAN X Formula Tingkat Imbal Hasil Pemodal Sebelum Optimalisasi K_{S0}	102
LAMPIRAN Y Formula Tingkat Imbal Hasil Pemodal untuk Nasabah tipe <i>Low</i> (r_{fL})	103
LAMPIRAN Z Formula Tingkat Imbal Hasil Pemodal untuk Nasabah tipe <i>High</i> (r_{fH})	104

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

BAB I PENDAHULUAN

Bab I menjelaskan gambaran umum dari penulisan tugas akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Sebagai komponen utama dari sistem ekonomi syariah, pasar modal syariah telah menunjukkan pertumbuhan yang luar biasa dalam beberapa tahun terakhir. Namun ini tidak mengejutkan mengingat kemajuan yang terjadi di Pasar Modal syariah secara umum (Maiyaki, 2013). Pertumbuhan pasar modal syariah yang berkelanjutan adalah sebagai hasil dari kemampuannya dalam mendukung sistem keuangan global setelah kegagalan sistem keuangan konvensional yang baru-baru ini yang menyebabkan krisis global. Potensi keuangan syariah menarik minat dan optimisme masyarakat umum, akademisi, praktisi, profesional, Muslim dan non-Muslim terhadap sistem (Ahmed, 2011).

Sistem ekonomi syariah adalah sistem kegiatan ekonomi yang berkaitan dengan produksi, distribusi, dan konsumsi sumber daya yang didasarkan oleh prinsip-prinsip Islam. Dalam penerapannya sistem ekonomi syariah lebih mengacu untuk mencapai keuntungan bersama antara pihak-pihak yang terkait. Penerapan prinsip syariah dalam kegiatan ekonomi adalah dengan menyingkirkan *riba* (bunga), *gharar* (penutupan informasi), *qimar* (perjudian), dan *maysir* (ketidakpastian dan penipuan) (Sumarti, 2018). Sebagai bentuk dariantisipasi dari pelanggaran prinsip-prinsip dalam syariah, maka perlu dibuat sebuah kontrak yang mengikat. Kontrak merupakan keseluruhan dari kaidah hukum yang mengatur hubungan antara dua pihak atau lebih berdasarkan kesepakatan untuk menimbulkan akibat hukum (Salim, 2021). Kontrak dalam keuangan syariah disebut akad berasal dari bahasa Arab yang berarti itikad baik yang terlihat maupun tidak. Pengertian istilah akad adalah suatu kesepakatan atau komitmen bersama baik lisan, isyarat, maupun tulisan antara dua pihak atau lebih yang memiliki implikasi hukum yang mengikat untuk melaksanakannya. Kontrak dan perjanjian dalam hukum syariah memiliki istilah yang sama, yaitu Akad (Abduruohman, 2020).

Seiring dengan perkembangan sistem keuangan syariah, saat ini terdapat banyak jenis kontrak dalam sistem keuangan syariah. Pada penelitian kali ini penulis tertarik untuk mengaplikasikan salah satu jenis kontrak syariah, yaitu *Musyarakah Mutanaqishah* atau *Diminishing Musyarakah* (DM). Permodelan kontrak DM menggunakan teori kontrak dimulai dengan mengakui kontrak secara efektif merupakan perjanjian kepemilikan bersama di mana pihak yang mencari pembiayaan bermaksud untuk membeli semua kepemilikan pemodal dalam aset yang mendasarinya. Sementara aset seperti itu dapat dimodelkan menggunakan amortisasi sederhana seperti yang dibuat oleh Asadov et al. (2018), yang akan menjadi penyederhanaan yang kasar. Permodelan kontrak dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya perbedaan informasi yang sebenarnya dan yang tertulis pada kontrak.

Selain perbedaan informasi, perlu diketahui bahwa pada dasarnya harga dari suatu aset juga tidak konstan. Salah satu contoh aset yang bisa menjadi objek dari kontrak adalah rumah. Harga rumah memiliki perubahan dari waktu ke waktu, dimana perubahan tersebut tidak dapat diduga karena perubahan struktur ekonomi (Nugroho, et al., 2018). Beberapa penelitian tentang permodelan harga rumah mengarahkan pada asumsi harga rumah mengikuti distribusi lognormal. Ohnishi (2011) melakukan penelitian tentang perubahan distribusi perubahan harga rumah di Tokyo. Pada penelitiannya beliau mendapati bahwa distribusi harga rumah mendekati distribusi lognormal, kecuali saat kenaikan harga rumah yang terjadi pada 2003 di Tokyo. Selain itu, Rusakov (2016) melakukan penelitian tentang pendekatan stokastik terhadap harga real estate di Rusia. Hasil dari penelitiannya

menyatakan bahwa aproksimasi distribusi lognormal terhadap harga real estate secara keseluruhan masih dinamis untuk dilakukan (Rusakov & Laskin, 2016). Kedua penelitian itu membuktikan bahwa pendekatan stokastik untuk harga rumah cukup signifikan untuk dilakukan pada dua tempat yang berbeda. Salah satu pendekatan distribusi stokastik yang dapat digunakan untuk mendekati distribusi lognormal adalah distribusi binomial dengan langkah dalam jumlah yang banyak. Distribusi binomial dengan langkah yang banyak secara statistik dapat mendekati distribusi normal (Peizer & Pratt, 1968), sehingga penulis menggunakan distribusi binomial sebagai distribusi alternatif untuk mengaproksimasi perubahan harga rumah. Pada penelitian ini, penulis berniat untuk menyelesaikan aproksimasi binomial n langkah menggunakan induksi matematika. Akan tetapi, pada penyelesaiannya terhenti pada 2 langkah karena kurang kemampuan penulis, sehingga pada penelitian ini dilakukan aproksimasi harga aset menggunakan metode binomial 2 langkah.

Tugas akhir ini akan dibahas formula ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* dengan menerapkan teori kontrak dan menggunakan metode binomial sebagai estimasi nilai objek dari kontrak beserta pengaruh pergerakan parameter didalamnya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendapatkan formula ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* dengan estimasi harga aset menggunakan metode binomial?
2. Bagaimana mendapatkan formula ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* setelah penerapan teori kontrak?
3. Bagaimana pengaruh perubahan parameter proporsi nasabah dan volatilitas pada tingkat imbal hasil pemodal kontrak *Diminishing Musyarakah*?

1.3 Batasan Masalah

1. Jenis kontrak yang dimodelkan adalah *Diminishing Musyarakah*.
2. Pembuatan formula menggunakan pendekatan teori kontrak.
3. Fluktuasi dari harga aset yang menjadi aset dari kontrak diestimasi menggunakan metode Binomial.
4. Preferensi risiko dari pencari modal dan pemodal adalah *Risk-Neutral*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan formula dari ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* dengan estimasi harga aset menggunakan metode binomial.
2. Mendapatkan formula dari ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* setelah penerapan teori kontrak.
3. Mengetahui hal-hal yang berpengaruh dalam tingkat imbal hasil yang didapatkan pemodal.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan kepada pembaca dalam mengidentifikasi permasalahan sehingga dapat mengetahui sekaligus menambah wawasan mengenai imbal hasil dari kontrak *Diminishing Musyarakah*.
2. Membantu peneliti untuk mengaplikasikan ilmu aktuaria dalam memecahkan permasalahan kontrak *Diminishing Musyarakah*.
3. Memberikan informasi kepada perusahaan keuangan syariah dalam membuat kontrak *Diminishing Musyarakah* dengan estimasi fluktuasi harga aset menggunakan metode binomial untuk memberikan kinerja terbaik demi kepentingan bersama.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tentang teori-teori utama maupun pendukung yang digunakan dalam penyelesaian masalah dalam tugas akhir, antara lain yaitu penelitian terdahulu, kontrak syariah, pemodelan matematika, metode pohon binomial, dan teori kontrak.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang menjabarkan tentang penerapan teori kontrak pada sekuritas keuangan syariah pada kontrak *Diminishing Musyarakah* sebelumnya telah dilakukan oleh Arbi (2021). Penelitian ini menjabarkan mengenai cara membentuk model yang optimal untuk mengatasi masalah *moral hazard* dan *adverse selection* dalam kontrak keuangan dapat memberikan gambaran kepada perusahaan keuangan syariah dalam mengekspektasikan besar tingkat imbal hasil dari kontrak *Diminishing Musyarakah*. Model matematika yang terbentuk dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$r_F = \frac{A}{P_0} - \frac{\beta}{\theta_H P_0} - \frac{1 - \beta}{\left(\theta_L - \frac{\beta}{1 - \beta} [\theta_H - \theta_L]\right) P_0}, \quad (2.1)$$

dimana

- r_F : tingkat imbal hasil dari pemodal
- β : proporsi nasabah dengan perawatan aset yang baik
- P_0 : harga awal dari aset
- A : perubahan harga dari aset
- θ_L : margin dari apresiasi aset untuk nasabah dengan perawatan aset yang kurang baik
- θ_H : margin dari apresiasi aset untuk nasabah dengan perawatan aset yang baik.

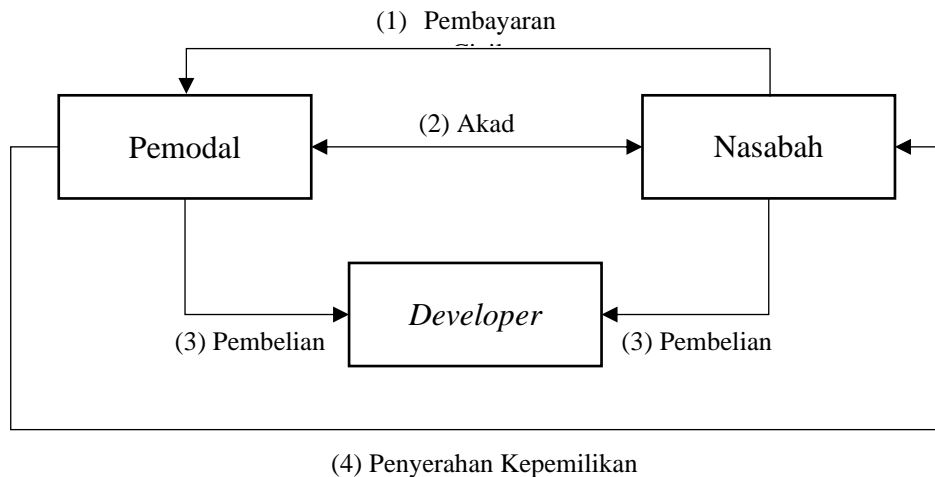
Hasil utama dari penelitian ini memberikan gambaran yang terjadi apabila pemodal gagal menyeleksi nasabah. Hal ini dikarenakan nasabah dengan perawatan aset yang kurang baik akan menyebabkan penurunan nilai aset yang berujung merugikan pemodal dalam jangka panjang. Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah besar θ akan membebani nasabah dalam biaya yang akan dikeluarkan. Selain itu, semakin besar nilai dari θ akan semakin mempersulit pemodal dalam mendapatkan keuntungan dari kontrak. Hal ini dikarenakan pemodal akan mendapatkan porsi yang lebih sedikit untuk semakin besar nilai dari θ .

Arbi dalam jurnalnya juga memberikan saran sebagai pengembangan dari penelitiannya. Menurutnya, formula fluktuasi aset bisa digambarkan lebih volatil dibandingkan dengan pendekatan yang digunakannya. Hal ini mendasari penulis untuk membuat tugas akhir dengan harga aset yang diestimasi menggunakan pendekatan metode binomial.

2.2 Diminishing Musyarakah

Diminishing Musyarakah (Musyarakah Mutanaqishah) terdiri dari 2 kata, yaitu *Musyarakah* yang artinya kerjasama dan *Mutanaqishah* yang artinya berkurang secara berangsur. Pada transaksi syariah pelaksanaannya dalam bentuk kerjasama antara pemodal (Bank) dengan nasabah dalam hal pembelian suatu barang/harta dari *developer* yang kepemilikannya dimiliki secara bersama-sama yang porsinya disesuaikan dengan persentase/bagian dari jumlah modal atau penyertaan dana yang dimiliki dan telah disepakati di awal kontrak. Selanjutnya nasabah akan membayar dana yang dimiliki pemodal secara berangsur dengan mencicil. Seiring berjalannya waktu hak milik pemodal akan dikurangi

dengan angsuran dari nasabah, yang pada akhirnya apabila angsuran berakhir sesuai dengan jangka waktu yang disepakati, maka hak kepemilikan berpindah sepenuhnya kepada nasabah (Amin & Abdullah, n.d.). *Developer* dalam pada kontrak merupakan pihak yang menjual aset yang menjadi objek dalam kontrak kepada. Skema pembayaran dari kontrak dijelaskan melalui **Gambar 2.1**. (Hosen, 2016):



Gambar 2.1 Skema dari *Diminishing Musyarakah*

Gambar 2.1 menggambarkan hubungan antara pemodal dan nasabah dalam kontrak ini. Pada **Gambar 2.1** keterangan gambar nomor (2), pemodal dan nasabah terhubung melalui akad pembelian suatu aset yang dibeli melalui *developer* dengan persentase kepemilikan sesuai dengan modal yang dibayarkan masing-masing pihak. Pembelian dibeli melalui operator seperti keterangan gambar nomor (3). Setelah pembelian itu berlangsung, nasabah akan mencicil sejumlah uang seperti keterangan gambar nomor (1) dan sebagai gantinya pemodal akan memberikan persentase bagian kepemilikannya sesuai dengan jumlah cicilan yang dibayar seperti keterangan gambar nomor (4). Pembayaran cicilan oleh nasabah dalam hal ini akan terus berlangsung hingga seluruh kepemilikan pemodal telah habis dan aset menjadi milik nasabah seutuhnya.

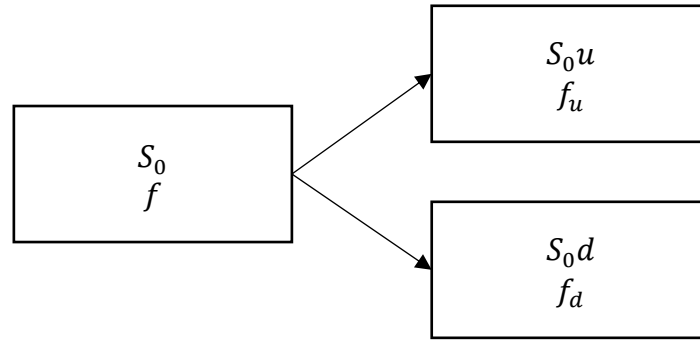
Pengaplikasian kontrak *Diminishing Musyarakah* adalah pembiayaan kendaraan atau pembiayaan properti. Aset-aset yang mungkin menjadi aset diantaranya adalah kendaraan, rumah, apartemen, ruko, dan lain-lain aset yang memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi (Amin & Abdullah, n.d.). Contoh penerapannya pada Bank Muamalat Lumajang adalah pembiayaan Kredit Pemilikan Rumah (KPR). Nasabah harus setidaknya memiliki 20% modal untuk membeli aset dan sisanya maksimal 80% ditanggung oleh pemodal yang dalam hal ini adalah bank. Aset yang digunakan sebagai objek kontrak dalam studi kasus ini berasal dari beberapa *developer* yang sudah bekerja sama dengan Bank Muamalat Lumajang untuk kemudahan proses transaksi. Properti yang dijadikan objek dalam kontrak antara lain adalah rumah tinggal, rumah susun, apartemen, dan rumah toko untuk usaha. Pembiayaan ini dianggap bermanfaat bagi nasabah karena membantu pembiayaan pembelian rumah karena kurangnya dana sekaligus membuat nasabah terhindar dari riba (Rohmi, 2015).

2.3 Metode Binomial

Binomial merupakan metode yang populer untuk menentukan harga dari sebuah opsi. Binomial merupakan diagram yang merepresentasikan berbagai kemungkinan yang dapat terjadi pada harga saham yang menjadi aset utama dari opsi (Hull, 2002).

2.3.1 No arbitrage

Generalisasi asumsi *no-arbitrage* pada metode pohon binomial dilakukan dengan mengasumsikan harga awal dari aset adalah S_0 dan harga saat ini opsi dari aset adalah f . Misalkan opsi berakhir pada waktu T dan selama periode tersebut aset mengalami perubahan harga sebanyak 1 kali, yaitu naik sebesar $u - 1$ ($u > 1$) atau turun sebesar $1 - d$ ($d < 1$). Harga dari aset berubah menjadi S_0u atau S_0d dengan *payoff* dari opsi pada waktu ke T sebesar f_u atau f_d . Perubahan yang terjadi digambarkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Skema perubahan harga dan payoff pada metode pohon binomial

Pada kondisi ini, misalkan portofolio berisi saham sebanyak Δ dan 1 opsi. Apabila harga saham naik, nilai dari portofolio menjadi seperti persamaan berikut :

$$\Delta S_0u - f_u. \quad (2.2)$$

Pada saat harga saham turun, nilai dari portofolio menjadi seperti persamaan berikut :

$$\Delta S_0d - f_d. \quad (2.3)$$

Berdasarkan asumsi *risk-neutral*, nilai portofolio saat aset turun atau naik bernilai sama, sehingga nilai Δ sama dengan :

$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{S_0(u - d)}. \quad (2.4)$$

Besar nilai kini portofolio saat naik sama dengan nilai awal portofolio, sehingga kita bisa menuliskan menjadi seperti persamaan berikut :

$$\Delta S_0 - f = (\Delta S_0u - f_u)e^{-rT}. \quad (2.5)$$

Kemudian, substitusikan Δ dengan persamaan (2.4), sehingga didapatkan:

$$f = e^{-rT} \left(\left(\frac{e^{rT} - d}{(u - d)} \right) f_u + \left(1 - \frac{e^{rT} - d}{(u - d)} \right) f_d \right) \quad (2.6)$$

Kemudian untuk menyederhanakan persamaan (2.6), misalkan peluang dengan persamaan (2.7) :

$$p = \left(\frac{e^{rT} - d}{(u - d)} \right). \quad (2.7)$$

Setelah itu didapatkanlah persamaan harga dari opsi dengan metode binomial seperti pada persamaan (2.8) :

$$f = e^{-rT} (pf_u + (1 - p)f_d). \quad (2.8)$$

2.3.2 Valuasi Risk-Neutral

Prinsip *risk-neutral* merupakan salah satu prinsip yang penting dalam penentuan harga suatu aset derivatif. Asumsi ini berarti investor tidak meningkatkan besar ekspektasi imbal hasil mereka walaupun terjadi peningkatan risiko pada portofolionya. Sama seperti persamaan ekspektasi *payoff* pada persamaan (2.8), kita juga bisa mengasumsikan ekspektasi harga aset menjadi seperti pada persamaan (2.10) :

$$E(S_T) = pS_0u + (1 - p)S_0d \quad (2.9)$$

$$E(S_T) = S_0d + pS_0(u - d). \quad (2.10)$$

Setelah itu substitusikan p seperti pada persamaan (2.7), sehingga didapatkan persamaan (2.13) :

$$E(S_T) = S_0d + \left(\frac{e^{rT} - d}{(u - d)} \right) S_0(u - d) \quad (2.11)$$

$$E(S_T) = S_0d + S_0e^{-rT} - S_0d \quad (2.12)$$

$$E(S_T) = S_0e^{-rT}. \quad (2.13)$$

Persamaan (2.13) menunjukkan bahwa dengan kenaikan harga aset secara rata-rata sebesar tingkat bebas risiko r ketika p adalah peluang harga dari aset mengalami kenaikan.

2.3.3 Generalisasi Formula Metode Pohon Binomial N Langkah

Perubahan harga dari suatu aset pada periode waktu tertentu umumnya terjadi lebih dari satu kali dalam kondisi nyata. Sebagai bentuk penghindaran dari konservatisme penentuan harga opsi diperlukan penambahan langkah dalam proses pembentukan formula. Generalisasi formula metode pohon binomial dilakukan dengan pembentukan formula binomial 2 langkah. Seperti pada persamaan (2.8), kita dapat menuliskan formula opsi untuk setengah dari waktu T seperti persamaan (2.14).

$$f = e^{-\frac{rT}{2}}(pf_u + (1 - p)f_d). \quad (2.14)$$

Misalkan f_{uu} adalah *payoff* dari opsi ketika aset mengalami kenaikan harga sebesar u sebanyak dua kali dalam periode T , f_{ud} adalah *payoff* dari opsi ketika aset mengalami kenaikan dan penurunan harga sebesar u dan d sebanyak masing-masing satu kali dalam periode T , dan f_{dd} adalah *payoff* dari opsi ketika aset mengalami penurunan harga sebanyak dua kali dalam periode T . Formula dari *payoff* opsi saat tengah periode seperti pada persamaan (2.15) dan (2.16).

$$f_u = e^{-\frac{rT}{2}}(pf_{uu} + (1 - p)f_{ud}). \quad (2.15)$$

$$f_d = e^{-\frac{rT}{2}}(pf_{ud} + (1 - p)f_{dd}). \quad (2.16)$$

Kemudian untuk mendapatkan harga dari opsi dilakukan substitusi persamaan (2.20) dengan persamaan (2.21) dan (2.22), sehingga menghasilkan persamaan (2.24), setelah disederhanakan seperti berikut :

$$f = e^{-rT}(p^2f_{uu} + p(1 - p)f_{ud} + (1 - p)^2f_{dd}). \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) yang didapatkan membentuk pola seperti formula kombinasi Binomial Newton. Persamaan metode pohon binomial dalam n langkah dapat digeneralisasi seperti persamaan (2.18) :

$$f = e^{-rT} \left\{ \sum_{j=0}^n \frac{n!}{(n-j)!j!} p^j (1-p)^{n-j} f^{u,j,d(n-j)} \right\}, \quad (2.18)$$

dengan $f^{u,j,d(n-j)}$ merupakan *payoff* dari opsi saat harga aset naik sebanyak j kali dan turun sebanyak $(n - j)$ kali dalam periode T .

2.3.4 Nilai dari $p = \frac{1}{2}$

Terdapat dua pilihan populer dalam mengasumsikan besar parameter dari metode pohon binomial. Salah satunya adalah dengan mengasumsikan besar nilai dari $p = \frac{1}{2}$. Kemudian dengan memasukkan nilai p pada persamaan (2.43) didapatkan persamaan (2.28) :

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{e^{r\Delta t} - d}{(u - d)} \right) \quad (2.19)$$

$$u + d = 2e^{r\Delta t}. \quad (2.20)$$

Selain itu, besar dari momen kedua untuk persamaan harga aset adalah sebagai berikut :

$$pu^2 + (1 - p)d^2 = e^{(2r+\sigma^2)\Delta t}. \quad (2.21)$$

Asumsikan $p = \frac{1}{2}$ didapatkan persamaan (2.30) sebagai berikut :

$$u^2 + d^2 = 2e^{(2r+\sigma^2)\Delta t}. \quad (2.22)$$

Misalkan nilai dari $u = A + B$ dan $d = A - B$, maka:

$$(A + B) + (A - B) = 2e^{r\Delta t} \quad (2.23)$$

$$A = e^{r\Delta t}. \quad (2.24)$$

$$(A + B)^2 + (A - B)^2 = 2e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} \quad (2.25)$$

$$2A^2 + 2B^2 = 2e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} \quad (2.26)$$

$$A^2 + B^2 = e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} \quad (2.27)$$

$$e^{2r\Delta t} + B^2 = e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} \quad (2.28)$$

$$B^2 = e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} - e^{2r\Delta t} \quad (2.29)$$

$$B = e^{r\Delta t} \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1}. \quad (2.30)$$

Nilai dari u dan d menjadi sebagai berikut :

$$u = e^{r\Delta t} \left(1 + \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right), \quad (2.31)$$

$$d = e^{r\Delta t} \left(1 - \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right). \quad (2.32)$$

Untuk membuktikan besarnya, maka nilai u dan d , dimasukkan kembali ke dalam persamaan (2.43) :

$$p = \left(\frac{e^{r\Delta t} - e^{r\Delta t} \left(1 - \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right)}{\left(e^{r\Delta t} \left(1 + \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right) - e^{r\Delta t} \left(1 - \sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right) \right)} \right) \quad (2.33)$$

$$p = \frac{\left(\sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right)}{2 \left(\sqrt{e^{\sigma^2\Delta t} - 1} \right)} = \frac{1}{2}. \quad (2.34)$$

2.3.5 Volatilitas pada Metode Binomial

Permodelan metode binomial dengan langkah waktu sebesar Δt diperlukan 3 parameter, yaitu u , d , dan p . Dimana besar dari p dengan ekspektasi imbal hasil dari opsi sama dengan tingkat bebas risiko r adalah persamaan (2.43) :

$$p = \left(\frac{e^{r\Delta t} - d}{(u - d)} \right). \quad (2.35)$$

Pada tahap ini, kita perlu membentuk formula dari ekspektasi volatilitas harga aset dan momen kedua dari harga aset. Formula ekspektasi dan momen kedua dari volatilitas harga seperti pada persamaan (2.36) dan (2.37).

$$E(X) = p(u - 1) + (1 - p)(d - 1), \quad (2.36)$$

$$E(X^2) = p(u - 1)^2 + (1 - p)(d - 1)^2. \quad (2.37)$$

Formula varians dari suatu variabel random X adalah persamaan (2.38) :

$$Var(X) = E(X^2) - [E(X)]^2. \quad (2.38)$$

Volatilitas dari harga aset pada periode singkat Δt adalah persamaan (2.39) :

$$Var(X) = \sigma^2 \Delta t. \quad (2.39)$$

Kemudian dengan menggabungkan persamaan (2.21) dan (2.22) didapatkan persamaan (2.40) :

$$E(X^2) - [E(X)]^2 = \sigma^2 \Delta t. \quad (2.40)$$

Substitusikan persamaan (2.36) dan (2.37) sehingga didapatkan persamaan (2.41) :

$$(p - p^2)(u - 1)^2 + (p - p^2)(d - 1)^2 - (p - p^2)[2(u - 1)(d - 1)] = \sigma^2 \Delta t. \quad (2.41)$$

Substitusikan p pada persamaan (2.41) dengan persamaan (2.35), sehingga didapatkan persamaan (2.42) :

$$(u + d)e^{r\Delta t} - ud - e^{2r\Delta t} = \sigma^2 \Delta t. \quad (2.42)$$

Pada metode binomial Cox-Ross-Rubinstein (CRR), nilai dari u dan d berturut-turut sebagai berikut (Cox, Ross, & Rubinstein, 1979):

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u} \quad (2.43)$$

Asumsikan besar dari hubungan antara perubahan harga aset u dan d seperti pada metode binomial CRR, sehingga didapatkan persamaan (2.44) :

$$u^2 - (\sigma^2 \Delta t e^{-r\Delta t} + e^{r\Delta t} + e^{-r\Delta t})u + 1 = 0. \quad (2.44)$$

Bentuk bilangan dari $e^{r\Delta t}$ menyerupai bentuk deret Taylor e^x seperti pada persamaan (2.45) :

$$e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}. \quad (2.45)$$

Substitusikan $e^{\pm r\Delta t}$ kedalam persamaan (2.45), sehingga didapatkan persamaan (2.47) :

$$e^{\pm r\Delta t} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\pm r\Delta t)^k}{k!} \quad (2.46)$$

$$e^{\pm r\Delta t} = 1 \pm r\Delta t + \sum_{k=2}^{\infty} \frac{(\pm r\Delta t)^k}{k!}. \quad (2.47)$$

Besar dari Δt sangat kecil, sehingga persamaan (2.47) dapat disederhanakan menjadi (2.49) :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{k=2}^{\infty} \frac{(\pm r\Delta t)^k}{k!} \approx 0 \quad (2.48)$$

$$e^{\pm r\Delta t} \approx 1 \pm r\Delta t. \quad (2.49)$$

Substitusikan persamaan (2.49) ke dalam persamaan (2.46), sehingga didapatkan persamaan (2.50) :

$$u^2 - (\sigma^2\Delta t(1 - r\Delta t) + 1 + r\Delta t + 1 - r\Delta t)u + 1 = 0 \quad (2.50)$$

$$u^2 - (\sigma^2\Delta t - r\sigma^2(\Delta t)^2 + 2)u + 1 = 0. \quad (2.51)$$

Besar dari Δt sangat kecil, maka:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sigma^2(\Delta t)^2 = 0. \quad (2.52)$$

$$u^2 - (\sigma^2\Delta t + 2)u + 1 = 0 \quad (2.53)$$

dengan menggunakan formula persamaan kuadrat didapatkan besar dari u sama dengan persamaan (2.54) :

$$u_{1,2} = \frac{\sigma^2\Delta t + 2 \pm \sqrt{\sigma^2(\Delta t)^2 + 4\sigma^2\Delta t + 4 - 4}}{2}. \quad (2.54)$$

Besar dari Δt sangat kecil, sehingga dengan mensubstitusikan persamaan (2.52) ke dalam persamaan (2.54) didapatkan persamaan (2.55).

$$u_{1,2} \approx \frac{\sigma^2\Delta t}{2} + 1 \pm \sigma\sqrt{\Delta t} \quad (2.55)$$

Besar dari σ^2 sangat kecil, maka:

$$\lim_{\sigma^2 \rightarrow 0} \frac{\sigma^2\Delta t}{2} = 0 \quad (2.56)$$

Substitusikan persamaan (2.56) ke dalam persamaan (2.55) didapatkan persamaan (2.57).

$$u_{1,2} \approx 1 \pm \sigma\sqrt{\Delta t} \quad (2.57)$$

Penyelesaian menggunakan bentuk deret Taylor yang sama seperti pada persamaan (2.46), sehingga didapatkan besar u sebesar persamaan (2.58).

$$u_{1,2} \approx e^{\pm\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.58)$$

Besar dari $u > 1$, maka nilai dari u adalah:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.59)$$

dengan mensubstitusikan $u = \frac{1}{d}$, didapatkan nilai dari d sebesar:

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.60)$$

2.4 Teori Kontrak

Teori kontrak yang dibahas disini adalah konteks informasi ekonomi, di mana perbedaan informasi dapat secara signifikan mempengaruhi pihak-pihak yang terlibat. Dua skenario utama yang dibahas dalam konteks perbedaan tersebut adalah *adverse selection* dan *moral hazard*, dimana perbedaan informasi bisa terjadi sebelum suatu transaksi atau mungkin terjadi setelahnya. Teori kontrak membahas solusi untuk masalah tersebut, dengan menyeleksi menjadi solusi utama untuk informasi tersembunyi dan insentif menjadi solusi utama untuk penyamaran informasi. Solusi tersebut dapat dianggap sebagai contoh desain kontrak, atau bagaimana merancang aturan untuk meminimalkan efek dari masalah terkait informasi. Penerapan desain kontrak biasanya merupakan inti dari pendekatan teori kontrak dan melibatkan tiga konsep dasar, yaitu prinsip penerangan, kesesuaian insentif, dan adanya dasar bagi semua pihak untuk berpartisipasi dalam aturan yang dibuat (Bolton & Dewatripont, 2005).

2.4.1 Model Ekonomi Sempel untuk Adverse Selection

Menurut Maskin dan Riley (1984), *adverse selection* terjadi karena penjual tidak mengetahui berapa nilai yang ingin dibayarkan pembeli untuk sebuah transaksi. Misalkan pembeli membuat kontrak sehingga preferensi dari pembeli direpresentasikan dengan fungsi utilitas sebagai berikut :

$$u(q, T, \theta) = \int_0^q P(x, \theta) dx - T. \quad (2.61)$$

dengan q adalah banyak barang yang dibeli, T adalah besar yang dibayarkan pembeli kepada penjual, dan $P(x, \theta)$ adalah fungsi invers dari kurva permintaan pembeli dengan karakteristik θ .

Sebagai penyederhanaan dari fungsi utilitas diatas, dapat digunakan persamaan (2.62) :

$$u(q, T, \theta) = \theta v(q) - T, \quad (2.62)$$

dimana $v(q)$ adalah fungsi harga terhadap jumlah barang dari barang yang dijual pada transaksi, nilai dari $v(0) = 0$ dan $v'(q) > 0$ untuk semua nilai q . Besar nilai dari θ merupakan informasi pribadi dari pembeli dan penjual hanya mengetahui distribusi dari θ . Nilai dari $v'(q) > 0$ untuk memenuhi asumsi *moral hazard*, karena $v(q)$ dalam formula ini merupakan fungsi performansi dari fungsi utilitas nasabah. Fungsi performansi $v(q)$ harus meningkatkan besar utilitas nasabah dalam setiap kenaikannya.

Selain itu keuntungan yang diperoleh penjual π dari transaksi diatas adalah sebagai berikut :

$$\pi = T - cq, \quad (2.63)$$

dimana nilai c merupakan biaya yang dikeluarkan oleh penjual dalam memproduksi objek transaksi.

2.4.2 Diskriminasi Harga

Misalkan penjual mengetahui karakteristik dari pembeli, penjual dapat mengklasifikasikan pembeli menjadi 2 tipe. Setiap tipe pembeli diberikan penawaran dan kontrak yang berbeda bergantung dari klasifikasi yang dilakukan penjual kepada pembeli. Notasi dari besar pembayaran oleh pembeli dan banyak barang yang dibeli menjadi T_i dan q_i , dengan karakteristik $\theta_i (i = H, L)$.

Penjual akan berusaha menawarkan kontrak yang memaksimalkan keuntungannya, sebaliknya pembeli akan membeli apabila sesuai dengan batas benefit dari preferensi mereka

yang dalam hal ini dilambangkan \bar{u} . Penjual akan mendapatkan keuntungan sebesar persamaan (2.64).

$$\max_{T_i, q_i} T_i - cq_i \quad (2.64)$$

Sementara formula batas preferensi yang dimaksudkan seperti persamaan (2.62).

$$\theta v(q_i) - T_i \geq \bar{u} \quad (2.65)$$

Secara intuitif, penjual tanpa melakukan *adverse selection* akan memberikan harga yang optimal untuk memaksimalkan keuntungan. Dimana total keuntungan optimal yang bisa diberikan adalah ketika penjual bisa menjual objek sebanyak q , ketika besar *marginal utility* sama dengan *marginal cost*. Solusinya akan seperti persamaan (2.66) dan (2.67).

$$\theta v'(\tilde{q}_i) = c \quad (2.66)$$

$$\theta v(\tilde{q}_i) = \tilde{T}_i + \bar{u} \quad (2.67)$$

Tanpa asumsi *adverse selection*, keuntungan dari penjual adalah sebagai berikut :

$$\beta(T_L - cq_L) + (1 - \beta)(T_H - cq_H), \quad (2.68)$$

dengan β merupakan proporsi dari pembeli dengan karakteristik L dan besar $0 \leq \beta \leq 1$. Gagasan tersebut secara umum terjadi jika diasumsikan tidak terdapat kendala pada peserta. Akan tetapi, dalam kondisi nyata hal ini tidak mungkin terjadi, sehingga kita perlu menyelesaikan permasalahan *adverse selection* untuk menyelaraskan keuntungan antara penjual dan pembeli.

2.4.3 Optimal Nonlinear Pricing

Pada kenyataannya akan sangat sulit melakukan penentuan harga dengan mengeneralisasi harga dalam bentuk linear karena tipe preferensi dari pembeli umumnya tidak diketahui. Karena penjual umumnya tidak memperhatikan tipe preferensi dari pembeli, maka penjual terpaksa untuk menawarkan pilihan yang independen terhadap tipe dari pembeli. Tanpa menghilangkan generalisasi, himpunan ini digambarkan sebagai $[q, T(q)]$, yaitu dalam transaksi pembeli akan memaksimalkan keuntungan yang didapatkannya. Oleh karena itu, terdapat beberapa kendala yang penjual harus pecahkan. Kendala pertama adalah kompatibilitas dari insentif (*Incentive Compatibility / IC*) dan kendala kedua adalah rasionalitas individu (*Individual Rationality / IR*). Masalah ini tidak mudah dipecahkan karena berhubungan dengan optimalisasi batas dari $T(q_i)$. Namun, masalah tersebut dapat diatasi dengan langkah-langkah berikut.

Langkah pertama adalah dengan membatasi nilai dari $T(q_i)$ dengan membaginya menjadi dua tipe konsumen. Himpunan dari $T(q_i)$ menjadi $[q_L, T(q_L)]$ dan $[q_H, T(q_H)]$. Misalkan $T(q_i)$ menjadi T_i , kendala *adverse selection* bisa ditulis sebagai berikut :

$$\max_{T_i, q_i} \beta(T_L - cq_L) + (1 - \beta)(T_H - cq_H) \quad (2.69)$$

dengan syarat sebagai berikut :

$$\theta_H v(q_H) - t_H \geq \theta_H v(q_L) - t_L \quad (\mathbf{IC}_H), \quad (2.70)$$

$$\theta_L v(q_L) - t_L \geq \theta_L v(q_H) - t_H \quad (\mathbf{IC}_L), \quad (2.71)$$

$$\theta_H v(q_H) - t_H \geq 0 \quad (\mathbf{IR}_H), \quad (2.72)$$

$$\theta_L v(q_L) - t_L \geq 0 \quad (\mathbf{IR}_L). \quad (2.73)$$

Artinya penjual menghadapi 4 masalah dalam optimalisasi harga, yaitu 2 masalah kompatibilitas harga dan 2 masalah rasionalitas individu. Dimana itu berarti pembeli dengan preferensi θ_i harus lebih memilih alokasi jenisnya sendiri daripada alokasi lain dan pembeli akan melakukan transaksi jika transaksi tidak merugikan.

Langkah kedua adalah menyederhanakan batasan dari IC_H . Dimana batasan IC_H dan IR_H akan langsung terpenuhi karena :

$$\theta_H v(q_H) - t_H \geq \theta_H v(q_L) - t_L \geq \theta_L v(q_L) - t_L \geq 0, \quad (2.74)$$

dimana pertidaksamaan yang berada ditengah benar karena nilai dari $\theta_H > \theta_L$.

Langkah ketiga adalah mengurangi masalah tanpa kendala insentif. Strateginya adalah mengurangi masalah dengan menghapus satu kendala insentif, memecahkan masalah yang dihapuskan, dan kemudian memeriksa apakah itu memenuhi kendala insentif yang dihilangkan ini. Untuk memilih kendala mana yang akan dihilangkan, pertimbangkan masalah terbaik pertama. Hal tersebut melibatkan efisiensi konsumsi dan bebas biaya sewa untuk semua tipe dari pembeli, yaitu $\theta_i v'(q_i) = c$ dan $\theta_i v(q_i) = T_i$. Dimana hasilnya tidak memenuhi kompatibilitas dari insentif karena pembeli dengan θ_H akan lebih memilih $[q_L, v(q_L)]$ daripada insentif tipenya sendiri. Sementara ini membatasi konsumsinya secara tidak efisien, ini memungkinkan pembeli menikmati surplus positif yang sama dengan $(\theta_H - \theta_L)q_L$ daripada bebas biaya sewa. Hal ini membuat pembeli dengan θ_L tidak akan tertarik meningkatkan konsumsi seperti pada θ_H karena melakukannya akan menyebabkan pembayaran yang merugikan bagi mereka. Pada langkah ini, kami memilih untuk menghilangkan kendala (IC_L). Perhatikan bahwa hanya satu kendala insentif yang akan mengikat secara optimal didorong oleh kondisi persilangan tunggal *Spence-Mirrlees*, yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \left(- \frac{\partial u / \partial q}{\partial u / \partial T} \right) > 0. \quad (2.75)$$

Langkah keempat adalah mengamati bahwa dua masalah yang tersisa akan mengikat secara optimal. Pada masalah ini, kendala (IC_H) akan mengikat secara optimal karena jika tidak, penjual dapat menaikkan T_H hingga mengikat. Langkah ini juga membuat batasan (IR_L) tidak terpengaruh sambil meningkatkan kuantitas maksimal. Dan kendala (IR_L) juga akan mengikat karena jika tidak, penjual dapat menaikkan T_L sampai mengikat. Langkah ini sebenarnya melonggarkan kendala (IC_L) sambil meningkatkan kuantitas maksimal (di sinilah pentingnya menghilangkan (IC_L), karena kenaikan T_L bisa menjadi masalah untuk kendala ini).

Langkah kelima adalah mensubstitusikan T_H dan T_L dengan fungsi penjualan, sehingga didapatkan formula dari *adverse selection* sebagai berikut :

$$\max_{T_i, q_i} \beta(\theta_L v(q_L) - c q_L) + (1 - \beta)(\theta_H v(q_H) - c q_H - (\theta_H - \theta_L)q_H). \quad (2.76)$$

Bagian pertama dalam kurung adalah keuntungan yang dihasilkan oleh pembeli tipe θ_L , yang sepenuhnya diambil alih oleh penjual karena tipe tersebut dibiarkan tanpa biaya sewa. Sebaliknya, bagian kedua dalam kurung adalah keuntungan yang dihasilkan oleh pembeli tipe θ_H dikurangi $(\theta_H - \theta_L)q_L$, yang berasal dari fakta bahwa dia dapat meniru perilaku tipe lain. Masalah inilah yang disebut dengan *adverse selection*, dimana hal ini dapat membuat penjual mengalami kesalahan perkiraan akibat terdapat kemungkinan perbedaan perilaku pembeli dengan klasifikasi yang diberikan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan tugas akhir. Metode penelitian ini terdiri atas lima tahap.

3.1 Studi Literatur

Pada tahap pertama dilakukan identifikasi permasalahan dan pencarian referensi dan pustaka yang menunjang penelitian, seperti konsep keuangan Syariah, *Diminishing Musyarakah*, Metode *Binomial Pricing*, dan teori kontrak. Referensi yang dipakai adalah buku, jurnal ilmiah, maupun artikel dari internet yang berkaitan dengan permasalahan. Sebagai tambahan, dilakukan pengkajian terkait model aktuarial perhitungan ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* dimana pada penelitian sebelumnya disarankan fluktuasi harga dari objek kontrak diestimasi menggunakan *Binomial Pricing*.

3.2 Membentuk Model Matematika dari Tingkat Imbal Hasil

Pada tahap ini dilakukan pengembangan model aktuarial terkait perhitungan ekspektasi tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah*. Tahapan pembuatan model aktuarial terkait tingkat imbal hasil adalah sebagai berikut.

1. Membuat formula ekspektasi harga aset dengan fluktuasi harga dimodelkan dengan *Binomial Pricing*
2. Membentuk ekspektasi perubahan porsi kepemilikan dari masing-masing pihak berdasarkan modal masing-masing pihak
3. Memodelkan imbal hasil dari pemodal berdasarkan ekspektasi perubahan porsi kepemilikan pemodal terhadap aset.

Setelah tahap tersebut dilakukan akan didapatkan formula tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak.

3.3 Penerapan Teori Kontrak terhadap Model

Pada tahap ini dilakukan penyelesaian formula ekspektasi tingkat imbal hasil dari pemodal. Penyelesaian dilakukan dengan menerapkan teori kontrak pada formula yang telah didapatkan sebelumnya. Setelah itu, dilakukan pembuatan formula tingkat imbal hasil yang didapatkan oleh pemodal. Tahapan pendekatan teori kontrak yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengecekan asumsi *Moral Hazard* dengan menurunkan formula dari keuntungan tingkat imbal hasil pemodal
2. Melakukan penyaringan nasabah dengan membedakan akumulasi perolehan yang didapatkan nasabah dengan suatu margin apresiasi aset yang berbeda untuk setiap nasabah
3. Melakukan pengecekan ulang asumsi *Moral Hazard* seperti pada langkah pertama
4. Memberlakukan asumsi *Adverse Selection* pada model
5. Melakukan pencarian nilai optimal pada parameter K_{50} untuk masing-masing tipe nasabah
6. Melakukan permodelan ulang formula keuntungan bersih dengan mensubstitusikan nilai optimal pada model.

Setelah formula didapatkan pada tahap ini sudah terbentuk formula yang telah sesuai asumsi *Moral Hazard* dan *Adverse Selection*.

3.4 Simulasi Parameter Model

Pada tahap ini dilakukan simulasi deterministik terhadap formula menggunakan *software Microsoft Excel* untuk melihat bagaimana beberapa parameter mempengaruhi tingkat imbal hasil dari pemodal. Parameter penelitian yang disimulasikan pada tahap ini adalah β dan σ . Selain parameter yang disimulasikan, parameter lainnya ditetapkan pada suatu nilai tertentu yang sesuai dengan batasan pada model. Definisi parameter-parameter pada model dijelaskan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Parameter Penelitian

No.	Symbol	Definisi Operasional
1.	t	Banyaknya perubahan harga aset yang terjadi pada periode kontrak (diasumsikan)
2.	β	Proporsi nasabah dengan tipe <i>High</i> / nasabah dengan perawatan aset yang baik
3.	c_H	Besarnya <i>biaya perawatan</i> yang dikeluarkan nasabah tipe <i>High</i> terhadap aset yang dibeli
4.	c_L	Besarnya <i>biaya perawatan</i> yang dikeluarkan nasabah tipe <i>Low</i> terhadap aset yang dibeli
5.	$p(c_H)$	Peluang terjadinya kenaikan harga aset pada kontrak pada nasabah dengan tipe <i>High</i>
6.	$p(c_L)$	Peluang terjadinya kenaikan harga aset pada kontrak pada nasabah dengan tipe <i>Low</i>
7.	σ	Standar deviasi dari perubahan harga aset
8.	Δt	Periode pembayaran dibagi dengan t
9.	θ_H	Margin dari apresiasi aset untuk nasabah dengan perawatan aset yang baik
10.	θ_L	Margin dari apresiasi aset untuk nasabah dengan perawatan aset yang kurang baik
11.	P_0	Harga awal dari aset pada saat dibeli

Mengetahui parameter terhadap model dapat membantu pengambilan keputusan bisnis berdasarkan pada kondisi yang terjadi pada praktik nyata. Selain itu, diharapkan dapat mengurangi masalah yang dapat terjadi sesuai definisi pada teori kontrak.

3.5 Penarikan Kesimpulan

Setelah mendapatkan model matematika, maka selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan menjawab masalah pada rumusan masalah dan tujuan pada **Bab I**. Penarikan kesimpulan berasal dari pembahasan yang telah dilakukan pada **Bab IV** berupa skenario yang dijadikan syarat penggunaan model dan formula tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah*.

Sebagai tambahan, dilakukan juga pemberian saran sebagai bahan masukan untuk penelitian lanjutan. Pemberian saran didasarkan pada keinginan penulis dan saran dari pembimbing dan penguji untuk pengembangan tugas akhir ini menjadi penelitian yang lebih baik.

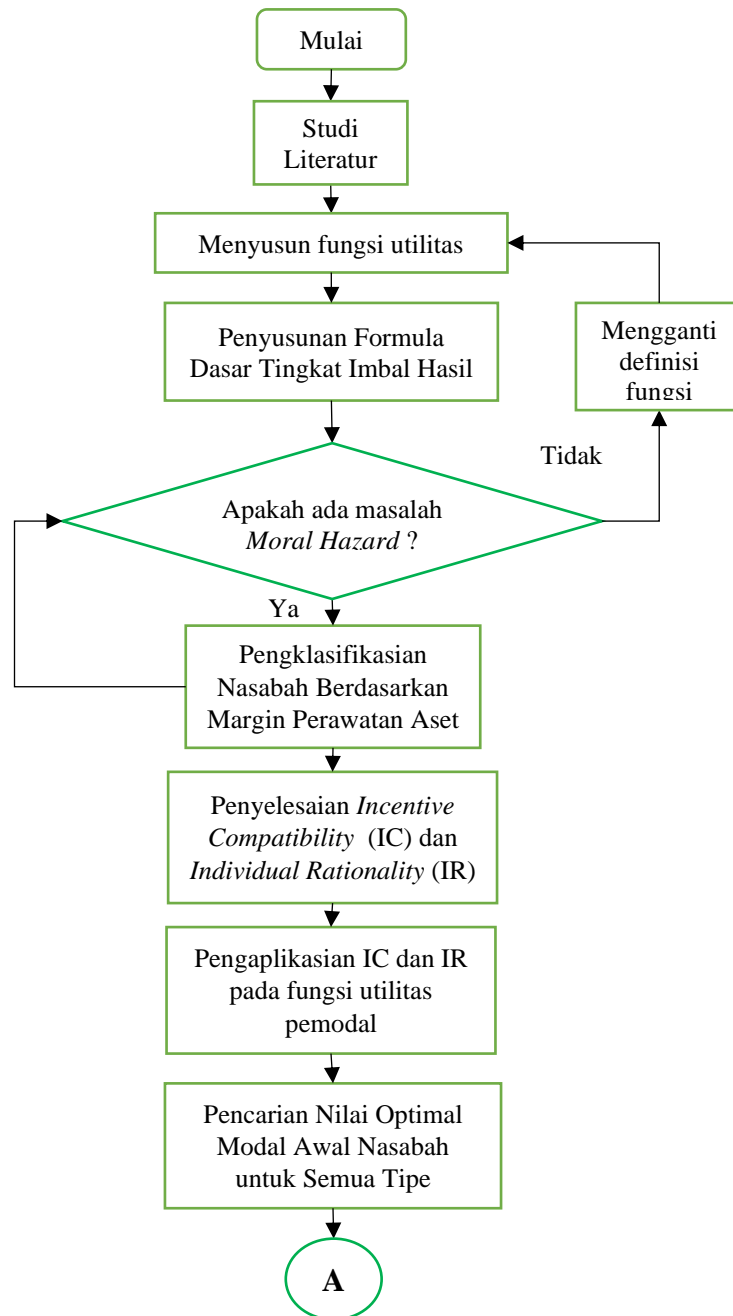
3.6 Penyelesaian Laporan Tugas Akhir

Tahap terakhir yang dilakukan dalam penelitian adalah melakukan penyusunan laporan dari keseluruhan tahapan, proses, dan hasil yang didapatkan selama Tugas Akhir dilakukan. Proses ini merupakan tahap yang dilakukan penulis untuk menceritakan dan mempertanggung jawabkan penelitiannya.

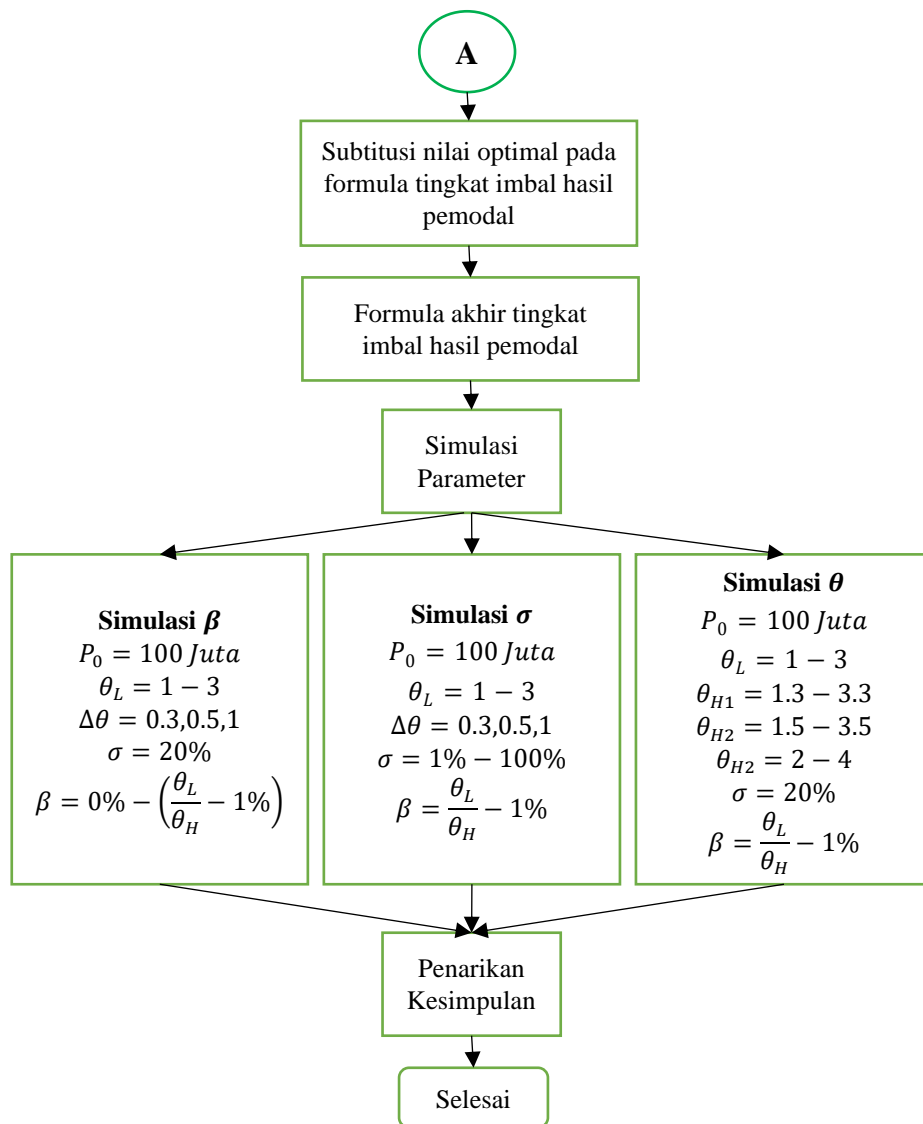
Penulisan tugas akhir juga merupakan output dari penelitian yang dilakukan mahasiswa sebagai syarat kelulusannya. Penyusunan Tugas Akhir berdasarkan format dan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir pengerjaan tugas akhir yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai permodelan matematika mengenai tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* dengan menerapkan teori kontrak. Bab ini terdiri dari Penerapan Metode *Binomial Pricing*, Formula Dasar Tingkat Imbal Hasil, Penyelesaian Masalah *Moral Hazard*, Penerapan Asumsi *Adverse Selection*, Formula Akhir Tingkat Imbal Hasil, dan Simulasi Parameter Model.

4.1 Penerapan Metode Binomial

Pada jurnalnya L.H. Arbi (Arbi, 2021) menggunakan persamaan (4.3) sebagai persamaan dasar dari perubahan harga aset (ΔP) dan harga aset pada waktu ke-t (P_t) dalam kontrak :

$$E(\Delta P) = p(c)A - (1 - p(c))A = (2p(c) - 1)A \quad (4.1)$$

$$P_t = P_0 + \Delta P \quad (4.2)$$

$$E(P_t) = P_0 + (2p(c) - 1)A, \quad (4.3)$$

dimana P_0 adalah harga awal dari aset, $p(c)$ adalah fungsi peluang terjadinya kenaikan harga aset terhadap c , dan A merupakan fluktuasi harga yang terjadi saat periode kontrak.

4.1.1 Penyesuaian Analogi Parameter

Penulis ingin menerapkan metode *Binomial Pricing* untuk mensubstitusikan fluktuasi dari harga aset. Analogi dan penyesuaian yang dilakukan seperti pada **Tabel 4.1** dibawah ini.

Tabel 4.1 Penyesuaian analogi antara metode binomial dengan *Diminishing Musyarakah*

Metode Binomial		<i>Diminishing Musyarakah</i>	
Parameter	Keterangan	Parameter	Keterangan
Payoff / f	Yang didapatkan oleh pemilik aset pada waktu ke T	ΔP	Net benefit total yang didapatkan dari kontrak
p	Peluang harga aset mengalami kenaikan	$p(c)$	Peluang harga aset mengalami kenaikan dengan mengikuti besar dari <i>biaya perawatan</i> sebesar c
S_T	Harga aset pada waktu ke T	P_t	Harga aset pada waktu ke T
S_0	Harga aset pada waktu dibeli	P_0	Harga aset pada waktu dibeli
$(u - 1)P_0$	Selisih harga aset pada waktu ke T dan waktu dibeli ketika harga aset naik	A	Selisih harga aset pada waktu ke T dan waktu dibeli ketika harga aset naik
$(d - 1)P_0$	Selisih harga aset pada waktu ke T dan waktu dibeli ketika harga aset turun	$-A$	Selisih harga aset pada waktu ke T dan waktu dibeli ketika harga aset naik
r	Tingkat suku bunga bebas risiko	-	Diasumsikan tidak ada

4.1.2 Penyesuaian Parameter dengan Metode Binomial

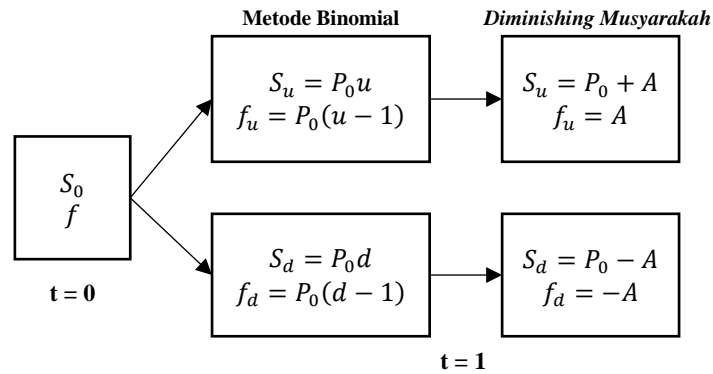
Pada dasarnya perubahan yang dilakukan terhadap penelitian sebelumnya adalah fluktuasi dari harga (ΔP) dengan menerapkan rumus pohon binomial seperti persamaan (2.8) dengan penyesuaian seperti pada **Tabel 4.1**. Persamaan fluktuasi harga seperti pada

persamaan (4.1) memiliki bentuk yang sama dengan persamaan binomial 1 langkah dengan bentuk sebagai berikut.

$$E(\Delta P) = [(u - 1)p(c) + (d - 1)(1 - p(c))]P_0 \quad (4.4)$$

$$E(P_t) = [up(c) + d(1 - p(c))]P_0 \quad (4.5)$$

Bentuk dari u dan d yang merupakan rasio akan sama dengan jurnal rujukan jika $u = \frac{P_0 + A}{P_0}$ dan $d = \frac{P_0 - A}{P_0}$. Berikut merupakan diagram dari analogi metode pohon binomial satu langkah.



Gambar 4.1 Perbandingan skema harga dan *payoff* pada Binomial satu langkah

Selanjutnya dilakukan pencocokan volatilitas seperti pada subbab 2.3.5 dengan mengasumsikan $u = \frac{P_0 + A}{P_0}$ dan $d = \frac{P_0 - A}{P_0}$. Momen pertama dan kedua dari volatilitasnya (X) sebagai berikut :

$$E(X) = p(u - 1) + (1 - p)(d - 1), \quad (4.6)$$

$$E(X^2) = p(u - 1)^2 + (1 - p)(d - 1)^2, \quad (4.7)$$

dengan menggunakan rumus peluang seperti pada persamaan (2.35), sehingga menghasilkan formula sebagai berikut :

$$p = \left(\frac{P_0(e^{r\Delta t} - 1) + A}{2A} \right). \quad (4.8)$$

Kemudian substitusikan definisi u dan d pada persamaan (4.6) dan (4.7) didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$E(X) = (2p - 1) \left(\frac{A}{P_0} \right) \quad (4.9)$$

$$E(X^2) = \left(\frac{A}{P_0} \right)^2. \quad (4.10)$$

Kemudian dengan menggabungkan persamaan (2.21) dan (2.22) serta mensubstitusikan (4.9) dan (4.10), didapatkan persamaan (4.11).

$$(p - p^2) \left(\frac{2A}{P_0} \right)^2 = \sigma^2 \Delta t. \quad (4.11)$$

Substitusikan p pada persamaan (4.8) ke persamaan (4.11), sehingga didapatkan persamaan (4.12).

$$\frac{A^2}{P_0^2} - (e^{r\Delta t} - 1)^2 = \sigma^2 \Delta t. \quad (4.12)$$

Misal $y = \frac{A}{P_0}$, sehingga persamaan menjadi sebagai berikut :

$$y^2 - (e^{r\Delta t} - 1)^2 = \sigma^2 \Delta t \quad (4.13)$$

$$y^2 - (e^{r\Delta t} - 1)^2 - \sigma^2 \Delta t = 0. \quad (4.14)$$

Bentuk bilangan dari $e^{r\Delta t}$ menyerupai bentuk deret Taylor e^x seperti pada persamaan (2.45).

$$e^{\pm r\Delta t} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\pm r\Delta t)^k}{k!} \quad (4.15)$$

$$e^{\pm r\Delta t} = 1 \pm r\Delta t + \sum_{k=2}^{\infty} \frac{(\pm r\Delta t)^k}{k!} \quad (4.16)$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{k=2}^{\infty} \frac{(\pm r\Delta t)^k}{k!} \approx 0 \quad (4.17)$$

$$e^{\pm r\Delta t} \approx 1 \pm r\Delta t. \quad (4.18)$$

Substitusikan persamaan (4.18) ke dalam persamaan (4.14), sehingga didapatkan persamaan (4.19).

$$y^2 - (r\Delta t)^2 - \sigma^2 \Delta t = 0. \quad (4.19)$$

Pada hukum syariah tidak diperbolehkan adanya tingkat suku bunga, sehingga pada penelitian ini diasumsikan $r = 0$, dan didapatkan hasil sebagai berikut :

$$y^2 - \sigma^2 \Delta t = 0, \quad (4.20)$$

dengan menggunakan formula persamaan kuadrat didapatkan besar dari u sama dengan persamaan (4.21).

$$y_{1,2} = \pm \sigma \sqrt{\Delta t}. \quad (4.21)$$

Karena $\frac{A}{P_0} \geq 0$, maka didapatkan persamaan u dan d sebagai berikut :

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}}, \quad (4.22)$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}}. \quad (4.23)$$

Setelah didapatkan nilai u dan d , substitusikan ke dalam persamaan binomial dua langkah seperti pada persamaan (2.15) dan (2.16). Persamaan dari fluktuasi harga atau ΔP ditunjukkan sebagai berikut.

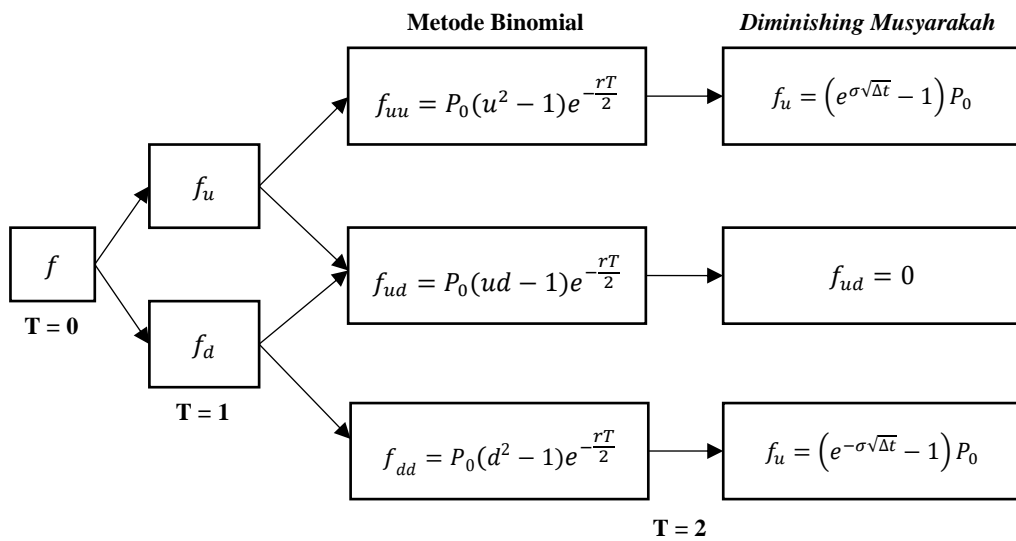
$$E(\Delta P_u) = [(u^2 - 1)p(c) + (ud - 1)(1 - p(c))]P_0 \quad (4.24)$$

$$E(\Delta P_d) = [(ud - 1)p(c) + (d^2 - 1)(1 - p(c))]P_0 \quad (4.25)$$

$$E(\Delta P) = E(\Delta P_u)p(c) + E(\Delta P_d)(1 - p(c))$$

$$E(\Delta P) = \left[(e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} - 1)^2 p(c)^2 + (e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} - 1)^2 (1 - p(c))^2 \right] P_0 \quad (4.26)$$

Untuk mempermudah pemahaman berikut **Gambar 4.2** merupakan diagram analogi dari *diminishing musyarakah* terhadap metode binomial.

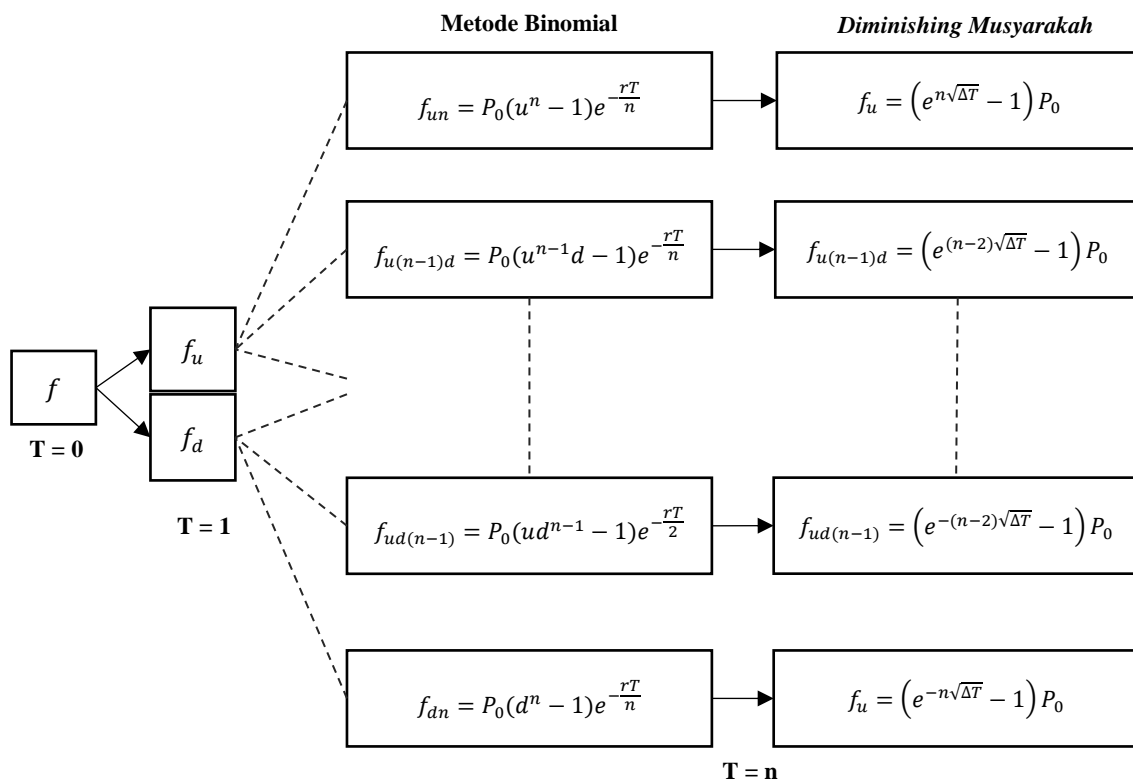


Gambar 4.2 Perbandingan skema harga dan payoff pada Binomial dua langkah

Kunci dari topik Tugas Akhir ini dilakukan generalisasi persamaan binomial dua langkah menjadi n langkah seperti pada persamaan (2.18). Kemudian didapatkan persamaan berikut ini :

$$E(\Delta P) = P_0 \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} \left(e^{\sqrt{\Delta T}(2j-n)} - 1 \right) \right\}. \quad (4.27)$$

Analogi berupa visual untuk mempermudah pemahaman mengenai skema generalisasi berikut **Gambar 4.3** merupakan diagram analogi dari metode binomial n langkah.



Gambar 4.3 Perbandingan skema harga dan payoff pada Binomial n langkah

4.2 Formula Dasar

Pembuatan model dasar diawali dengan membuat formula P_T , yaitu harga aset ketika waktu akhir periode dari kontrak dengan periode awal kontrak adalah saat $t = 0$, dan periode kontrak berakhir adalah $t = T$. Pada awal periode, nasabah dengan preferensi risiko *risk-neutral* mencari dana untuk melunasi aset seharga P_0 kepada pemodal dengan preferensi risiko yang sama dikarenakan pada nasabah hanya mempunyai dana sebesar K_{S0} , sehingga memerlukan pemodal untuk membayar sisanya $(P_0 - K_{S0})$. Kedua pihak lalu membuat sebuah kontrak dengan *Akad Diminishing Musyarakah* dengan persentase kepemilikan sesuai dengan modal awal yang digunakan untuk membeli aset oleh masing-masing pihak.

Permasalahan utama dalam kontrak pada akhir periode adalah terjadi perbedaan harga aset antara awal dan akhir periode kontrak. Perlu diingat bahwa dalam kehidupan sehari-hari harga dari sebuah aset selalu berubah dan umumnya perubahan yang terjadi tidaklah konstan. Oleh karena itu, formulasi harga aset perlu digambarkan fluktuasi harga dari aset dengan menggunakan metode pohon binomial n-langkah dengan besar peluang kenaikan harga aset merupakan fungsi terhadap biaya *maintenance* yang dikeluarkan oleh nasabah terhadap aset yang dibeli (c), sehingga formula dari fluktuasi harga seperti persamaan (4.27).

$$E(\Delta P) = P_0 \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} \left(e^{\sigma\sqrt{\Delta T}(2j-n)} - 1 \right) \right\} \quad (4.28)$$

Misalkan $y^{uj,d(n-j)} = \left(e^{\sigma\sqrt{\Delta T}(2j-n)} - 1 \right)$, sehingga formula dari harga waktu kontrak berakhir menjadi persamaan (4.29).

$$E(P_T) = P_0 \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] \quad (4.29)$$

Berdasarkan persamaan (2.62), net benefit dari nasabah (u_s) dan pemodal (u_f) adalah sebagai berikut :

$$u_s = X_t - c - K_{St} - K_{S0}, \quad (4.30)$$

$$u_f = K_{St} - (P_0 - K_{S0}) = (K_{St} + K_{S0}) - P_0. \quad (4.31)$$

dimana X_T merupakan akumulasi manfaat yang dimiliki nasabah pada saat periode kontrak berakhir. Nasabah dalam hal ini diekspektasikan pemodal untuk mengeluarkan biaya *maintenance* sebesar c . Sementara K_{ST} adalah besar akumulasi pembayaran yang dilakukan nasabah sampai akhir periode kontrak dimana K_{ST} diekspektasikan akan seperti persamaan (4.32).

$$E(K_{St}) = \left(1 - \frac{K_{S0}}{P_0} \right) E(P_t)$$

$$E(K_{St}) = (P_0 - K_{S0}) \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] \quad (4.32)$$

Berikutnya adalah membentuk persamaan dasar yang menjadi tujuan dari pembuatan tugas akhir ini, yaitu formula dari ekspektasi tingkat imbal hasil dari kontak untuk nasabah (r_s) dan pemodal (r_f). Pembuatan formula ekspektasi tingkat imbal hasil didapatkan dengan membagi net benefit dengan modal awal yang dikeluarkan masing-masing pihak, sehingga formula dari r_s dan r_f berturut-turut seperti persamaan (4.33) dan (4.34).

$$r_s = \frac{X_T - c - (P_0 - K_{S0}) \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] - K_{S0}}{K_{S0}} \quad (4.33)$$

$$r_f = \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \quad (4.34)$$

4.3 Mengatasi Moral Hazard

Sebuah kontrak bisnis yang dapat menarik nasabah haruslah kontrak yang menguntungkan sehingga nasabah tertarik untuk berinvestasi. Oleh karena itu, fungsi utilitas dari keuntungan bersih nasabah haruslah lebih dari sama dengan nol seperti persamaan berikut :

$$u_s = X_T - c - K_{ST} - K_{S0} \geq 0. \quad (4.35)$$

Pada hal ini, kita perlu memastikan bahwa fungsi performansi dari fungsi utilitas meningkatkan utilitas nasabah untuk memastikan tidak ada masalah *moral hazard*. Fungsi performansi dalam hal ini adalah $p(c)$, dimana untuk membuktikan pernyataan tersebut kita bisa melakukan penurunan fungsi utilitas nasabah terhadap c . Hal tersebut dikarenakan pada fungsi ini c merupakan variabel yang tidak tetap sekaligus biaya tambahan yang dikeluarkan nasabah. Oleh karena itu, perlu dipastikan apabila nantinya nasabah membayar biaya perawatan mereka juga akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar dari nilai aset mereka pada akhir periode agar tidak terjadi masalah *moral hazard*. Berikut merupakan penurunan dari fungsi utilitas u_s :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dc}(u_s) &= 0 \\ \frac{d}{dc} \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} &= \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})}. \quad (4.36) \\ p'(c) \left[\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c)) p(c)^{j-1} (1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] & \\ &= \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})}. \quad (4.37) \end{aligned}$$

Misalkan, $e(c)$ merupakan persamaan seperti dibawah ini :

$$e(c) = \left[\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c)) p(c)^{j-1} (1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right], \quad (4.38)$$

persamaan (4.38) menjadi persamaan (4.39).

$$p'(c) = \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})e(c)}. \quad (4.39)$$

Supaya dapat mengetahui sifat sifat c terhadap persamaan (4.39) kita perlu untuk mengetahui besar nilai dari $e(c)$. Sebagai pembatas, penulis meletakkan nilai $p(c)$ dalam rentang $0.5 \leq p(c) \leq 1$. Hal ini dikarenakan untuk memperoleh keuntungan dari kontrak maka peluang kenaikan harga aset harus lebih atau sama dengan peluang penurunan harga aset. Selain itu, kita tidak bisa mengetahui besar dari $e(c)$ secara pasti. Akan tetapi kita bisa

mengetahui batas $e(c)$ pada rentang bawah dan atas dari $p(c)$ untuk mengetahui rentang $e(c)$. Apabila kita melimitkan $e(c)$ dengan $p(c)$ mendekati 0.5 dan 1 didapatkan besar dari $e(c)$ lebih dari nol.

$$\lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} e(c) > 0. \quad (4.40)$$

Besar dari $e(c)$ lebih dari nol untuk batas nilai $p(c)$ yang ditentukan, sehingga besar dari $p'(c)$ kurang dari nol. Hal ini mengimplikasikan bahwa semakin besar nilai $p(c)$ akan semakin menurunkan nilai dari fungsi utilitas nasabah. Hal tersebut juga berarti bahwa semakin besar biaya perawatan yang dikeluarkan nasabah akan menurunkan nilai fungsi utilitas. Masalah yang terjadi pada fungsi utilitas saat ini adalah *moral hazard*. Masalah tersebut terjadi karena dalam kondisi nyata setiap orang memiliki perilaku yang berbeda dalam merawat asetnya. Penyelesaian dari permasalahan tersebut adalah dengan dilakukan diskriminasi harga seperti persamaan (2.65) dengan mengalikan P_T dengan sebuah konstanta $\theta (\theta > 1)$ sebagai pemisah antara nasabah yang mengikuti kontrak sesuai dengan besar c yang dikeluarkan, dimana θ merupakan konstanta yang menyatakan margin apresiasi aset dari nasabah. Persamaan utilitas dari keuntungan bersih nasabah menjadi persamaan berikut :

$$u_s = \theta P_T - c - K_{ST} - K_{S0} \geq 0. \quad (4.41)$$

Selanjutnya kita melakukan langkah yang sama dengan sebelumnya, yaitu menurunkan terhadap c dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dc}(u_s) &= 0 \\ p'(c) &\left[\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c)) p(c)^{j-1} (1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj, d(n-j)} \right] \\ &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \\ p'(c) &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0}) e(c)} \\ \lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} p'(c) &> 0 \end{aligned} \quad (4.42)$$

dengan $\theta > 1 - \frac{K_{S0}}{P_0}$.

Pada langkah kali ini didapatkan besar $p'(c)$ lebih dari nol yang artinya peluang kenaikan harga aset akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan biaya perawatan yang dikeluarkan.

4.4 Penerapan asumsi *Adverse Selection*

Setelah sebelumnya penyelesaian dari *moral hazard* adalah dengan membedakan akumulasi aset seseorang berdasarkan margin apresiasi aset yang dinotasikan sebagai θ . Pada bagian ini, kita akan menyelesaikan masalah *adverse selection* akibat dari perbedaan yang diberikan pada *moral hazard*. *Adverse selection* terjadi karena pada kejadian nyata kita tidak bisa benar-benar menyatakan keinginan dari seseorang sesuai dengan apa yang kita klasifikasikan. Oleh karena itu, pemodal perlu untuk mengklasifikasikan nasabah berdasarkan kemampuannya merawat aset. Pada penelitian ini, dibatasi pengklasifikasiannya hanya berdasarkan 2 tipe, yaitu *high*, dan *low*. *High* (θ_H) didefinisikan sebagai nasabah dengan perawatan aset yang baik dan *low* (θ_L) adalah sebaliknya. Sedemikian sehingga batasan untuk fungsi utilitas dari nasabah menjadi sebagai berikut :

$$\theta_H E[P_t(c_H)] - c_H - E[K_t(c_H)] - K_{H0} \geq 0, \quad (4.43)$$

$$\theta_L E[P_t(c_L)] - c_L - E[K_t(c_L)] - K_{L0} \geq 0. \quad (4.44)$$

Pada kasus *adverse selection* tidak selamanya nasabah *high* akan membiayai perawatan seperti yang kita asumsikan, adakalanya dimana nasabah *high* akan membiayai perawatan seperti halnya nasabah *Low*. Pada kondisi nyata batasan dari fungsi utilitas bisa menjadi seperti pertidaksamaan dibawah ini :

$$\theta_H E[P_t(c_H)] - c_H - E[K_t(c_H)] - K_{H0} \geq \theta_H E[P_t(c_L)] - c_L - E[K_t(c_L)] - K_{L0}, \quad (4.45)$$

$$\theta_L E[P_t(c_L)] - c_L - E[K_t(c_L)] - K_{L0} \geq \theta_L E[P_t(c_H)] - c_H - E[K_t(c_H)] - K_{H0}. \quad (4.46)$$

Pada pertidaksamaan (4.46) terlihat bahwa untuk biaya perawatan yang lebih rendah nasabah dapat mendapatkan utilitas yang lebih tinggi jika membiayai perawatan yang sesuai dengan tipenya, yaitu *low*. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertidaksamaan (4.46) tidak berlaku, sehingga terdapat 2 batasan yang berlaku untuk formula saat ini diantaranya adalah pertidaksamaan (4.44) dan (4.46). Kedua pertidaksamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi bentuk berikut :

$$E[K_t(c_L)] + K_{L0} \leq \theta_L E[P_t(c_L)] - c_L \quad (4.47)$$

$$E[K_t(c_H)] + K_{H0} \leq \theta_H (E[P_t(c_H)] - E[P_t(c_L)]) - (c_H - c_L) - \theta_L E[P_t(c_L)] + c_L. \quad (4.48)$$

Berikutnya untuk mencari nilai maksimal fungsi utilitas pemodal menggunakan formula yang serupa dengan persamaan (4.31) yang telah dibagi sesuai dengan tipe nasabah dengan β merupakan proporsi nasabah tipe *high*. Memaksimalkan nilai dari fungsi utilitas pemodal dilakukan untuk mengetahui ekspektasi maksimal dari tingkat imbal hasil yang bisa didapatkan pemodal. Hal ini dapat dilakukan dengan memaksimalkan fungsi utilitas terhadap modal awal nasabah. Berikut merupakan bentuk umumnya untuk fungsi utilitas pemodal :

$$\max_{K_{L0}, K_{H0}} u_f = \beta (E[K_t(c_H)] + K_{H0}) + (1 - \beta) (E[K_t(c_L)] + K_{L0}) - P_0. \quad (4.49)$$

Substitusikan pertidaksamaan (4.47) dan (4.48) pada persamaan (4.50), didapatkan fungsi utilitasnya menjadi persamaan (4.50).

$$\max_{K_{L0}, K_{H0}} \beta \theta_H (E[P_t(c_H)] - E[P_t(c_L)]) + \theta_L E[P_t(c_L)] - \beta (c_H - c_L) - c_L - P_0. \quad (4.50)$$

Untuk menyelesaikan persamaan diatas diperlukan untuk mendapatkan nilai dari c dan $p(c)$ dengan menggunakan fungsi optimal pada subbab sebelumnya pada persamaan Kesalahan! Sumber referensi tidak ditemukan.. Akan tetapi, hal tersebut sangat sulit untuk dilakukan tanpa mengasumsikan banyaknya langkah yang digunakan. Oleh karena itu, penulis akan menggunakan binomial 2 langkah untuk menyelesaikan formula ini. Untuk fungsi dari $p(c)$, penulis menggunakan fungsi eksponensial sebagai berikut :

$$p(c) = 1 - e^{-c}. \quad (4.51)$$

Fungsi eksponensial dalam hal ini dapat digunakan karena sesuai dengan sifatnya, yaitu naik seiring dengan besarnya nilai c . Persamaan sebelumnya berubah menjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & -2 \left(e^{-c} \left(e^{-\sigma\sqrt{\Delta T}} - e^{\sigma\sqrt{\Delta T}} \right) \right) \left(e^{-c} \left(e^{-\sigma\sqrt{\Delta T}} - e^{\sigma\sqrt{\Delta T}} \right) + e^{\sigma\sqrt{\Delta T}} \right) \\ & \qquad \qquad \qquad = \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})}, \end{aligned} \quad (4.52)$$

dengan memisalkan $\sigma\sqrt{\Delta T} = a$ dan $e^{-c} = x$, sehingga didapatkan e^{-c} sebagai berikut :

$$e^{-c} = \frac{-2 + 2e^{2a} \pm \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}}}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})}. \quad (4.53)$$

Karena $e^{-c} < 1$, maka besar dari penyebut harus lebih besar daripada pembilang. Akan tetapi sulit bagi kita untuk mengetahui manakah yang lebih besar diantara penyebut dan pembilangnya. Maka untuk menyelesaikannya penulis mengasumsikan besar $\frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}} \approx 0$. Hal ini dapat dilakukan karena mengingat besar K_H dan P_0 jauh lebih besar dikarenakan nilainya berupa harga dari aset. Apabila x untuk tanda positif menghasilkan hubungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} -4 + 4e^{2a} &> 4(-2 + e^{-2a} + e^{2a}) \\ -4 + 4e^{2a} &> (-4 + 4e^{2a}) + (-4 + 4e^{-2a}) \\ 0 &> -4 + 4e^{-2a} \\ 1 &> e^{-2a}, \end{aligned} \quad (4.54)$$

dimana pada persamaan terbukti bahwa besar pembilang dari x bertanda positif bernilai lebih besar dari penyebutnya sehingga besar x pada kemungkinan ini dapat menyebabkan nilai $x > 1$. Oleh karena itu, tidak mungkin untuk menggunakan nilai x bertanda positif. Sebaliknya untuk x bertanda negatif akan memiliki nilai penyebut yang lebih besar daripada pembilang untuk :

$$\frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}} < 0. \quad (4.55)$$

Sementara $4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a}) = -8(e^a - e^{-a})^2$, sehingga nilai dari $4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a}) < 0$ dan menyisakan satu syarat, yaitu $\theta P_0 - P_0 + K_{S0} > 0$ agar besar dari persamaan (4.55) bernilai kurang dari 0. Oleh karena itu digunakan nilai x bertanda negatif sebagai nilai optimal dari x . Kemudian besar $p(c)$ dan c yang digunakan dalam model adalah sebagai berikut :

$$e^{-c} = \frac{-2 + 2e^{2a} - \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}}}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})}. \quad (4.56)$$

$$p(c) = 1 + \frac{e^{2a}(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}\right)})}{2(-1 + e^{2a})^2}. \quad (4.57)$$

$$c = -\ln \left(\frac{e^{2a} \left(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}\right)}\right)}{2(-1 + e^{2a})^2} \right). \quad (4.58)$$

Selanjutnya untuk menyelesaikan persamaan (4.50), diperlukan persamaan $E[P_t(c)]$. Berikut merupakan formula dasar untuk persamaan $E[P_t(c)]$:

$$E[P_t(c)] = (e^{-c}(e^{-a} - e^a) + e^a)^2 P_0. \quad (4.59)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (4.57) ke dalam persamaan (4.59) didapatkan persamaan dibawah ini :

$$E[P_t(c)] = P_0 \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{S_0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta_H))}{K_{S_0} + P_0(-1 + \theta_H)}} \right) - \frac{1}{2(K_{S_0} + P_0(-1 + \theta_H))} \right). \quad (4.60)$$

Selanjutnya substitusikan persamaan (4.58) dan (4.60) ke dalam persamaan (4.50), sehingga didapatkan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
& \max_{K_{L0}, K_{H0}} \ln \left(-\frac{e^{2a} \left(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{L0} + P_0(-1 + \theta_L)} \right)} \right)}{2(-1 + e^{2a})^2} \right) \\
& - \beta \left(-\ln \left(-\frac{e^{2a} \left(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{H0} + P_0(-1 + \theta_H)} \right)} \right)}{2(-1 + e^{2a})^2} \right) \right) \\
& + \ln \left(-\frac{e^{2a} \left(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{L0} + P_0(-1 + \theta_L)} \right)} \right)}{2(-1 + e^{2a})^2} \right) - P_0 \\
& + P_0 \theta_L \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} \right. \right. \\
& \left. \left. + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{L0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta_L))}{K_{L0} + P_0(-1 + \theta_L)}} \right) \right. \\
& \left. - \frac{1}{2(K_{L0} + P_0(-1 + \theta_L))} \right) \\
& + \beta \theta_H \left(P_0 \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} \right. \right. \right. \\
& \left. \left. + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{H0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta_H))}{K_{H0} + P_0(-1 + \theta_H)}} \right) \right. \\
& \left. - \frac{1}{2(K_{H0} + P_0(-1 + \theta_H))} \right) \\
& - P_0 \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} \right. \right. \\
& \left. \left. + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{L0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta_L))}{K_{L0} + P_0(-1 + \theta_L)}} \right) \right. \\
& \left. - \frac{1}{2(K_{L0} + P_0(-1 + \theta_L))} \right) \Bigg). \tag{4.61}
\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menyelesaikan persamaan diatas kita perlu menurunkan persamaan (4.61) terhadap K_{L0} dan K_{H0} dan disama dengankan 0. Hal ini dilakukan karena kita memerlukan nilai optimal K_{L0} dan K_{H0} yang selanjutnya akan digunakan sebagai pengganti parameter tersebut. Tujuan dari optimasi modal awal nasabah adalah untuk mengetahui nilai maksimal yang dapat dibayarkan oleh setiap tipe nasabah. Nilai maksimal modal awal yang didapatkan akan digunakan menggantikan parameter modal awal dalam formulasi.

Berikut merupakan hasil turunan pertama dan penyelesaian dari persamaan (4.61) terhadap K_{L0} :

$$\max_{K_{L0}} u_s \rightarrow \frac{\partial}{\partial K_{L0}} u_s = 0 \quad (4.62)$$

$$K_{L0} = \frac{-P_0 + \beta P_0 + \beta P_0 \theta_H - \beta P_0 \theta_L}{-1 + \beta}. \quad (4.63)$$

Berikut merupakan hasil turunan pertama dan penyelesaian dari persamaan (4.61) terhadap K_{H0} :

$$\max_{K_{H0}} u_s \rightarrow \frac{\partial}{\partial K_{H0}} u_s = 0 \quad (4.64)$$

$$K_{H0} = P_0. \quad (4.65)$$

Nilai optimal dari K_{L0} dan K_{H0} agar sesuai dengan asumsi *adverse selection* adalah sesuai dengan persamaan (4.63) dan (4.65). Perlu disadari untuk nilai optimal dari K_{H0} memiliki nilai yang sama dengan harga awal dari aset, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya nasabah dengan tipe *high* sebenarnya dapat membeli sendiri aset tanpa bantuan pihak ketiga. Akan tetapi, perlu kita ketahui juga bahwa pada kondisi nyata ada beberapa nasabah yang memang sengaja berhutang untuk mempunyai lebih banyak modal. Hal ini dilakukan agar mereka bisa membeli banyak aset dan memperoleh keuntungan tambahan dari aset yang mereka beli. Pada tugas akhir ini, penulis tetap memasukkan nasabah tipe *high* sebagai salah satu dari populasi nasabah dengan mengasumsikan nilai K_{H0} mendekati P_0 yang artinya nasabah tipe *High* akan membeli aset dengan besar kontribusi awal yang besarnya mendekati harga awal.

4.5 Formula Akhir Tingkat Imbal Hasil Pemodal

Formula akhir dari tingkat imbal hasil pemodal merupakan persamaan (4.34) dengan mensubstitusikan nilai optimal yang didapat dari asumsi *Moral Hazard* dan *Adverse Selection*. Berikut merupakan formula dasar dari tingkat imbal hasil pemodal yang disederhanakan menjadi binomial 2 langkah :

$$r_f = P_0 \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{S0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta))}{K_{S0} + P_0(-1 + \theta)}} \right) + \right. \\ \left. - \frac{1}{2(K_{S0} + P_0(-1 + \theta))} \right) - 1. \quad (4.66)$$

Berikutnya untuk mendapatkan tingkat imbal hasil pemodal dari nasabah dengan tipe *Low*, substitusikan K_{L0} dengan persamaan (4.63), sehingga didapatkan persamaan dibawah ini :

$$r_{fL} = \frac{1}{2(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})P_0(-\beta\theta_H + \theta_L)} \left((-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})(-1 + \beta) - P_0(\beta\theta_H + \theta_L) \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(2 - 2\beta + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0(\beta\theta_H - \theta_L))}{P_0(\beta\theta_H - \theta_L)}} \right) \right) \right) \right). \quad (4.67)$$

Perlu diperhatikan bahwa pada langkah ini $\theta P_0 - P_0 + K_{S0}$ berubah menjadi bentuk berbeda, yaitu:

$$-P_0 + P_0\theta_L + \frac{P_0(-1 + \beta + \beta\theta_H - \beta\theta_L)}{-1 + \beta}. \quad (4.68)$$

Seperti pada pernyataan sebelumnya besar $\theta P_0 - P_0 + K_{S0}$ harus lebih besar daripada 0, sehingga persamaan (4.67) harus bernilai lebih dari 0 dan menyebabkan besar dari β harus bernilai sebagai berikut :

$$\beta < \frac{\theta_L}{\theta_H}. \quad (4.69)$$

Berikutnya untuk mendapatkan r_{fH} atau tingkat imbal hasil pemodal dari nasabah dengan tipe *High*, substitusikan K_{H0} dengan persamaan (4.65), sehingga didapatkan persamaan dibawah ini :

$$r_{fH} = \frac{1 - e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} + P_0\theta_H \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(-2 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0\theta_H)}{P_0\theta_H}} \right) \right) \right)}{2(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})P_0\theta_H}. \quad (4.70)$$

Sama seperti pada tipe *low* besar dari $\theta P_0 - P_0 + K_{S0}$ harus lebih dari 0 dan pada formula tingkat imbal hasil dari nasabah tipe *high*, formula dari $\theta P_0 - P_0 + K_{S0}$ berubah menjadi $\theta_H P_0$. Nilai dari $\theta_H P_0 > 0$, karena besar dari θ_H dan P_0 lebih dari 0.

Setelah mendapatkan r_{fH} dan r_{fL} , berikutnya adalah mendapatkan formula akhir dari tingkat imbal hasil pemodal. Persamaan dari tingkat imbal hasil akhir pemodal adalah sebagai berikut :

$$r_f = \beta r_{fH} + (1 - \beta)r_{fL}, \quad (4.71)$$

sehingga dapat didapatkan formula akhir dengan mensubstitusikan persamaan (4.67) dan (4.70) pada persamaan (4.71). Berikut merupakan bentuk formula tingkat imbal hasil pemodal gabungan :

$$r_f = \frac{\beta}{2(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})P_0\theta_H} \quad (4.72)$$

$$\begin{aligned}
& \left(1 - e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} + P_0\theta_H \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(-2 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0\theta_H)}{P_0\theta_H}} \right) \right) \right) + \\
& \frac{(1 - \beta)}{2P_0(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})(-\beta\theta_H + \theta_L)} \left((-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})(-1 + \beta) - P_0(\beta\theta_H + \right. \\
& \quad \left. - \theta_L) \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + \right. \right. \\
& \quad \left. \left. e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \right. \right. \right. \\
& \quad \left. \left. \left. \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(2 - 2\beta + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0(\beta\theta_H - \theta_L))}{P_0(\beta\theta_H - \theta_L)}} \right) \right) \right) \right).
\end{aligned}$$

4.6 Simulasi Parameter Model

Pada bagian ini dilakukan simulasi untuk melihat bagaimana dampak perubahan parameter terhadap model yang telah didapatkan. Pada tugas akhir ini, penulis menggunakan parameter β dan σ sebagai parameter yang akan diamati. Parameter lain yang juga terkait dengan model akan menggunakan konstanta tetap yang tetap sesuai dengan batasan atau syarat dari masing-masing parameter jika ada.

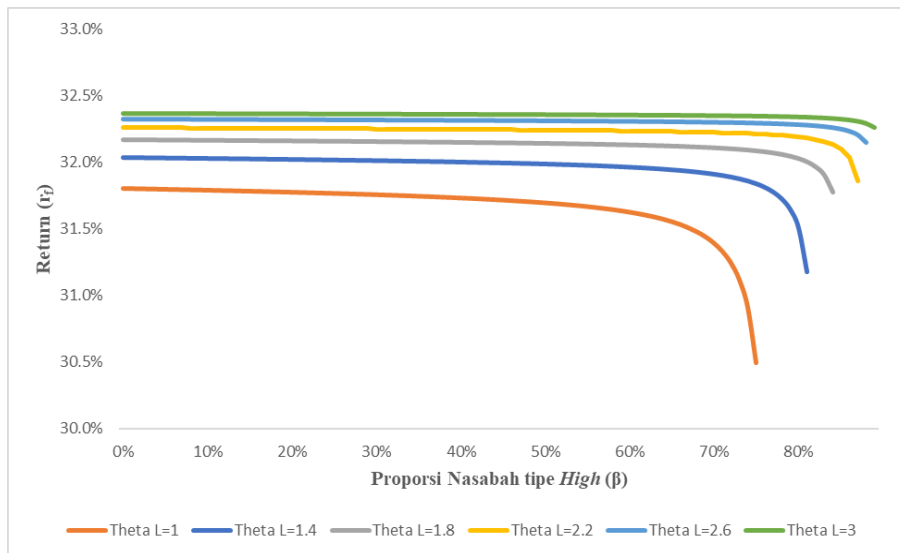
4.6.1 Simulasi Parameter β

Parameter β merupakan proporsi dari nasabah dengan tipe *high* pada populasi dari nasabah. Simulasi pada parameter β dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh nasabah tipe *high* pada tingkat imbal hasil pemodal. Parameter β disimulasikan dengan nilai θ_L sebesar 1 - 3 dengan interval 0.4 dengan besar θ_H pada 3 skenario berbeda, yaitu dengan selisih antara θ_H dan θ_L sebesar 0.3, 0.5 dan 1. Selisih antara θ_H dan θ_L pada simulasi parameter selanjutnya akan disebut $\Delta\theta$. Selain itu, besar β disimulasikan dari 0% hingga batas maksimal dari β untuk masing-masing skenario. Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh parameter β dengan masing-masing skenario pada hasil tingkat imbal hasil yang bisa didapatkan. Berikut merupakan asumsi parameter yang digunakan untuk simulasi parameter β .

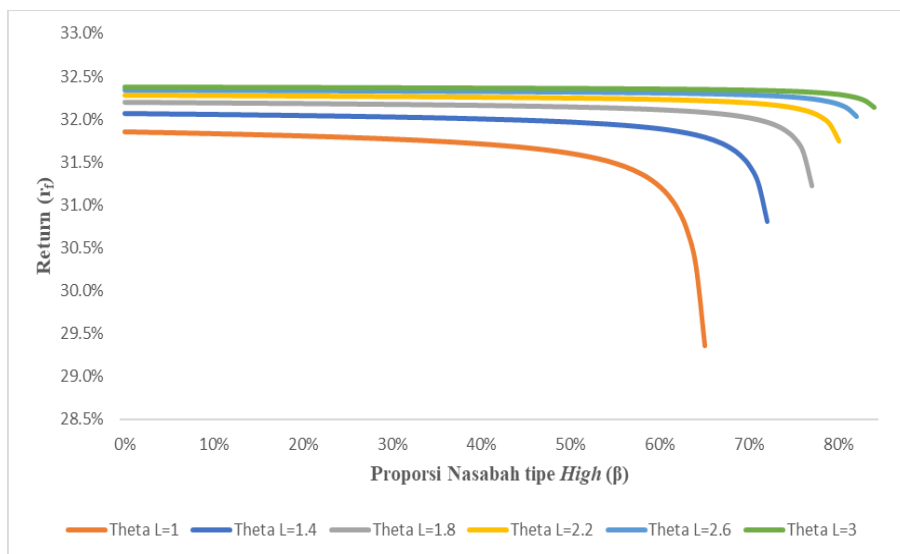
Tabel 4.2 Asumsi parameter simulasi β

Parameter	Simulasi ke-		
	a	b	c
P_0 (dalam Juta)	100	100	100
Δt	0.5	0.5	0.5
σ	20%	20%	20%
θ_L	1 - 3	1 - 3	1 - 3
$\Delta\theta$	0.3	0.5	1

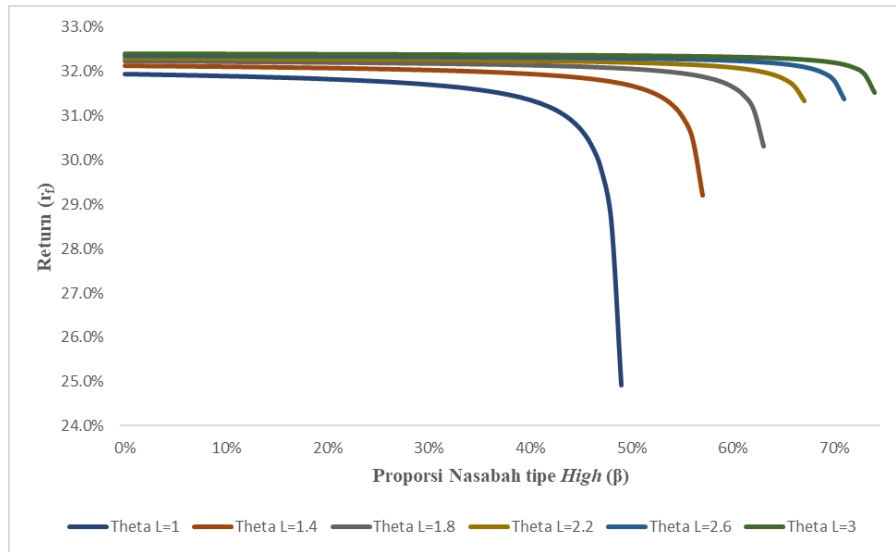
Seperti persamaan (4.69), batas maksimal dari parameter β adalah $\beta < \frac{\theta_L}{\theta_H}$. Contoh kasus pada parameter $\theta_L = 1$, dan $\theta_H = 2$, maka nilai β harus kurang dari 50%, sehingga pada simulasi ini nilai β disimulasikan pada rentang 0% – 49% . Pembatasan parameter β berlaku untuk semua skenario simulasi. Hasil simulasi dari parameter β divisualisasikan pada **Gambar 4.4**.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4 Grafik pengaruh β pada tingkat imbal hasil pemodal untuk (a) $\Delta\theta = 0.3$, (b) $\Delta\theta = 0.5$, (c) $\Delta\theta = 1$

Seperti pada **Gambar 4.4**, besar dari β atau proporsi nasabah tipe *high* dalam populasi nasabah memberikan pengaruh menurun pada tingkat imbal hasil pemodal. Interpretasi lain yang dihasilkan dari pernyataan sebelumnya adalah nasabah tipe *high* memberikan keuntungan yang lebih sedikit. Hal tersebut dikarenakan nilai optimal dari K_{H0} mendekati P_0 dan menyebabkan besar keuntungan yang didapatkan dari nasabah tipe *high* lebih kecil daripada tipe *low*. Sebaliknya nasabah tipe *low* akan memberikan keuntungan yang lebih besar dengan risiko yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan nasabah tipe *low* membayarkan modal awal yang lebih kecil. Risiko yang ditanggung pemodal akan lebih tinggi karena peluang gagal bayar nasabah lebih tinggi akibat dari pembayaran yang harus dibayarkan nasabah tipe *low*. Penurunan dari tingkat imbal hasil pemodal tidaklah besar hingga titik yang mendekati batas maksimal dari proporsi nasabah tipe *high*. Akan tetapi, sebagai pemodal akan lebih menguntungkan untuk mengetahui batas dari nasabah tipe *high*, sehingga tidak mengalami penurunan tingkat imbal hasil secara signifikan. Hal ini dikarenakan walaupun nasabah tipe *low* dapat lebih menguntungkan, tetapi juga memiliki risiko gagal bayar yang lebih tinggi.

Batas maksimal dari β untuk setiap kenaikan θ_L semakin besar. Terlihat juga pada grafik bahwa untuk setiap kenaikan $\Delta\theta$ batas maksimal dari β mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar jarak margin apresiasi antara nasabah tipe *low* dan *high*, semakin kecil batas dari β yang bisa digunakan. Pada grafik juga terlihat bahwa untuk setiap kenaikan dari θ_L , besar kenaikan dari tingkat imbal hasil pemodal semakin kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa kenaikan tingkat imbal hasil akan semakin kecil untuk perubahan margin apresiasi aset dari nasabah, sehingga peningkatan margin apresiasi aset tidak signifikan mempengaruhi adanya peningkatan tingkat imbal hasil pemodal. Selain itu, bila dibandingkan untuk setiap kenaikan $\Delta\theta$ selisih dari kenaikan tingkat imbal hasil untuk setiap kenaikan θ_L akan semakin kecil tetapi akan meningkatkan besar tingkat imbal hasil yang bisa didapatkan pemodal. Hal tersebut dikarenakan $\Delta\theta$ mempengaruhi besar modal awal optimal dari nasabah tipe *low*. Semakin besar $\Delta\theta$ akan semakin besar pula modal awal yang dibayarkan nasabah tipe *low*, sehingga menyebabkan penurunan keuntungan yang bisa didapatkan pemodal dari kontrak, tetapi meningkatkan tingkat imbal hasil pemodal yang bisa didapatkan.

Peningkatan θ_L akan memberikan pengaruh signifikan pada peningkatan batas proporsi dari nasabah tipe *high*, akan tetapi tidak akan memberikan pengaruh signifikan terhadap tingkat imbal hasil pemodal. Selain itu, semakin besar selisih dari margin apresiasi aset antara nasabah tipe *high* dan *low* akan menurunkan batas maksimal proporsi nasabah tipe *high* yang mungkin. Tingkat imbal hasil pemodal dari setiap skenario yang ada memiliki pola yang sama dan konsisten, yaitu menurun perlahan untuk setiap kenaikan dari proporsi nasabah tipe *high* pada populasi nasabah.

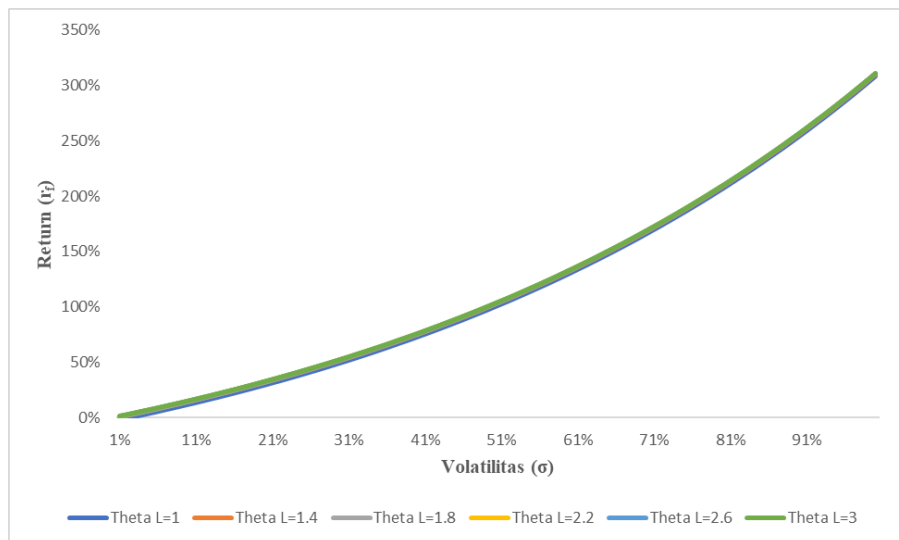
4.6.2 Simulasi Parameter σ

Parameter σ merupakan besar volatilitas harga aset pada kontrak. Simulasi pada parameter σ dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh volatilitas harga aset terhadap tingkat imbal hasil pemodal. Parameter σ disimulasikan pada rentang 1% hingga 100% dengan nilai θ_L sebesar 1 - 3 dengan interval 0.4 dengan besar θ_H pada 3 skenario berbeda, yaitu dengan selisih antara θ_H dan θ_L sebesar 0.3, 0.5 dan 1. Selain itu, nilai β disimulasikan dengan nilai maksimal dari β untuk masing-masing skenario. Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh parameter σ dengan masing-masing skenario pada hasil tingkat imbal hasil yang bisa didapatkan. Berikut merupakan asumsi parameter yang digunakan untuk simulasi parameter σ .

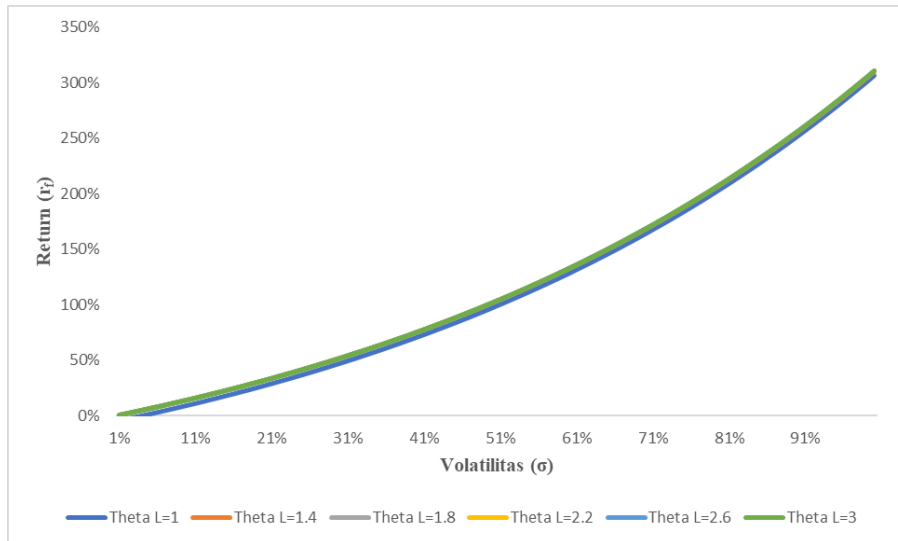
Tabel 4.3 Asumsi parameter simulasi σ

Parameter	Simulasi ke-		
	a	b	c
P_0 (dalam Juta)	100	100	100
Δt	0.5	0.5	0.5
σ	1% - 100%	1% - 100%	1% - 100%
θ_L	1 - 3	1 - 3	1 - 3
$\Delta\theta$	0.3	0.5	1

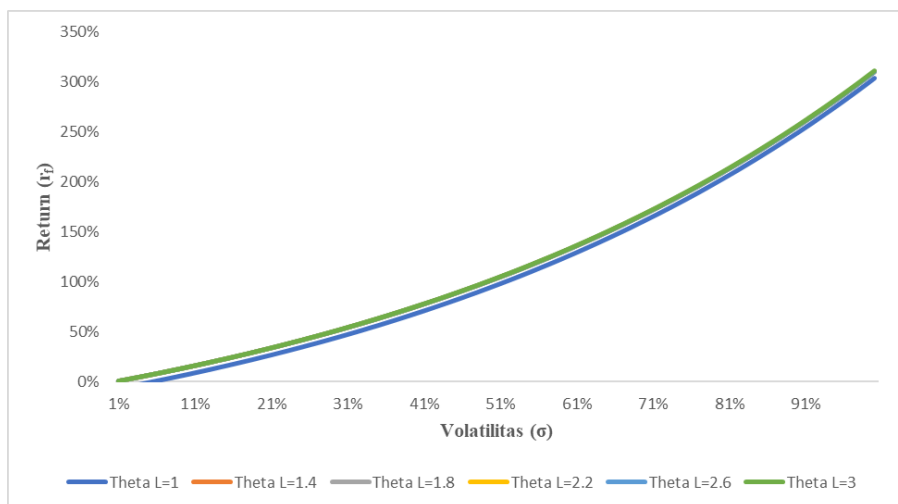
Hasil simulasi dengan asumsi parameter seperti **Tabel 4.3** divisualisasikan pada **Gambar 4.5**.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.5 Grafik pengaruh σ pada tingkat imbal hasil pemodal untuk untuk (a) $\Delta\theta = 0.3$, (b) $\Delta\theta = 0.5$, (c) $\Delta\theta = 1$

Seperti pada **Gambar 4.5**, besar dari σ atau volatilitas harga aset dapat meningkatkan ekspektasi tingkat hasil pemodal. Interpretasi lain dari grafik tersebut adalah semakin volatil harga dari aset kontrak akan meningkatkan tingkat imbal hasil yang bisa didapatkan. Hal tersebut dikarenakan pada kontrak pembayaran dari hutang berdasarkan persentase harga aset pada waktu kontrak berakhir, sehingga ekspektasi perkembangan harga aset kontrak akan meningkatkan besar keuntungan yang bisa didapatkan pada akhir periode kontrak. Akan tetapi, semakin volatil harga aset dari kontrak akan semakin tinggi pula risiko yang bisa timbul. Hasil ini juga mirip dengan prinsip investasi, dimana semakin tinggi risiko yang diterima dapat semakin tinggi pula keuntungan yang bisa diterima. Meskipun, pemodal mungkin tidak terlalu terpengaruh jumlah pembayaran yang akan dibayarkan nasabah karena besar pembayaran yang dibayarkan nasabah tidak akan berubah dari *Akad* yang telah disepakati diawal.

Pemodal akan sangat diuntungkan apabila dalam prakteknya berhasil menyeleksi aset potensial yang dapat meningkatkan besar tingkat imbal hasil yang bisa didapatkan oleh pemodal. Seleksi aset yang diikuti dengan seleksi nasabah dengan profil yang sesuai juga

dapat memperkecil risiko gagal bayar. Hal ini diperlukan karena nasabah dengan profil aset yang tidak sesuai juga dapat meningkatkan risiko gagal bayar.

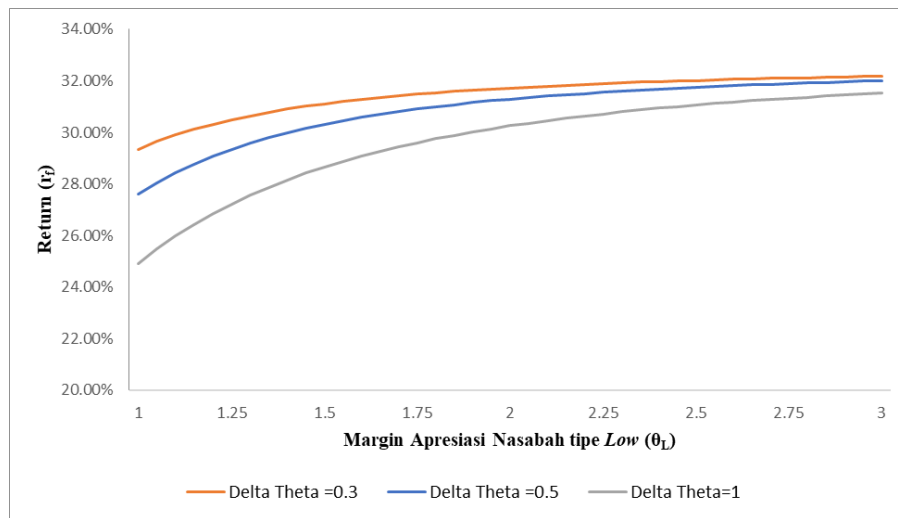
4.6.3 Simulasi Parameter θ

Parameter θ merupakan margin apresiasi aset nasabah pada kontrak. Simulasi pada parameter θ dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh margin apresiasi nasabah terhadap tingkat imbal hasil pemodal. Parameter θ_L disimulasikan pada rentang 1 - 3 dengan $\Delta\theta$ sebesar 0.3, 0.5 dan 1. Selain itu, nilai β disimulasikan dengan nilai maksimal dari β . Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh parameter θ pada masing-masing skenario terhadap tingkat imbal hasil minimal yang bisa didapatkan pemodal. Berikut merupakan asumsi parameter yang digunakan untuk simulasi parameter θ .

Tabel 4.4 Asumsi parameter simulasi θ

Parameter	Nilai
P_0 (dalam Juta)	100
Δt	0.5
σ	20%
θ_L	1 - 3
θ_{H1}	1.3 - 3.3
θ_{H2}	1.5 - 3.5
θ_{H3}	1 - 4

Hasil simulasi dengan asumsi parameter seperti **Tabel 4.4** divisualisasikan pada **Gambar 4.6**



Gambar 4.6 Grafik pengaruh perubahan dan selisih θ untuk setiap tipe nasabah pada tingkat imbal hasil pemodal

Seperti pada **Gambar 4.6**, setiap kenaikan θ akan sedikit meningkatkan tingkat imbal hasil minimum yang bisa didapatkan pemodal. Selain itu, dapat terlihat bahwa untuk setiap kenaikan $\Delta\theta$, tingkat imbal hasil minimum juga mengalami penurunan. Hal tersebut diakibatkan meningkatnya modal awal pemodal pada aset, sehingga besar keuntungan yang didapatkan juga mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil simulasi, margin apresiasi yang meningkat tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan pada tingkat imbal hasil pemodal. Selain itu, selisih margin apresiasi yang besar antar nasabah juga sedikit menurunkan tingkat imbal hasil minimum yang bisa didapatkan. Margin apresiasi aset yang baik untuk pemodal adalah yang bernilai

tidak terlalu besar dengan selisih antar nasabah yang tidak terlalu besar, sehingga mendapatkan tingkat imbal hasil yang lebih besar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian terkait topik tugas akhir yang dilakukan, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Formula tingkat imbal hasil pemodal dari kontrak *Diminishing Musyarakah* menggunakan *Binomial Pricing* dinyatakan sebagai berikut :

$$r_f = \left(e^{-c} \left(e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} - e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \right) + e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \right)^2 - 1.$$

2. Formula tingkat imbal hasil pemodal setelah penerapan teori kontrak dinyatakan sebagai berikut :

$$r_f = \frac{\beta}{2(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})P_0\theta_H} \left(1 - e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} + P_0\theta_H \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(-2 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0\theta_H)}{P_0\theta_H}} \right) \right) \right) + \frac{(1-\beta)}{2P_0(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})(-\beta\theta_H + \theta_L)} \left((-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})(-1 + \beta) - P_0(\beta\theta + -\theta_L) \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(2 - 2\beta + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0(\beta\theta_H - \theta_L))}{P_0(\beta\theta_H - \theta_L)}} \right) \right) \right).$$

dengan $\beta < \frac{\theta_L}{\theta_H}$ dan $\theta_H > \theta_L$.

3. Parameter proporsi dari nasabah tipe *high* dari populasi nasabah atau β menyebabkan penurunan tingkat imbal hasil dari pemodal, sebaliknya untuk parameter volatilitas harga aset atau σ menyebabkan kenaikan tingkat imbal hasil dari pemodal. Dari sisi profitabilitas pemodal, penulis menyimpulkan penyaringan nasabah yang baik, yaitu nasabah dengan margin apresiasi yang tidak terlalu tinggi ataupun rendah, dan penyaringan berdasarkan aset yang akan dibeli karena akan mempengaruhi tingkat imbal hasil yang didapatkan oleh pemodal. Selain itu, selisih antara margin apresiasi nasabah tipe *low* dan *high* diharapkan tidak terlalu jauh karena akan mempengaruhi modal awal nasabah dan menyebabkan penurunan tingkat imbal hasil pemodal yang bisa didapatkan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya.

1. Penyusunan formula pada tugas akhir ini belum mempertimbangkan langkah perubahan harga yang lebih banyak karena keterbatasan waktu dan pengetahuan dari penulis. Terdapat beberapa saran yang bisa diterapkan salah satunya adalah generalisasi n langkah untuk *binomial pricing* atau penggunaan metode lain untuk menggambarkan volatilitas harga aset yang salah satunya adalah *Geometric Brownian Motion*.
2. Pada penyelesaian dari *adverse selection*, penelitian berikutnya bisa meliputi lebih banyak klasifikasi pada tipe nasabah agar lebih memperluas kemungkinan yang dapat terjadi pada kasus nyata.
3. Penyusunan formula belum mempertimbangan pencarian parameter optimal menggunakan data aktual. Pengembangan lanjutan tugas akhir ini dapat berupa pencarian parameter – parameter formula yang optimal untuk parameter β .
4. Penggantian tingkat suku bunga bebas risiko dengan tingkat pertumbuhan bisnis. Hal ini perlu dilakukan karena pada dasarnya bisnis memerlukan pertumbuhan untuk menarik investor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, D. (2020). Kontrak/Akad Dalam Keuangan Syariah. *Ecobankers: Journal of Economy and Banking*, 39-58.
- Ahmed, H. (2011). Maqasid al-Shari'ah and Islamic financial products: a framework for assessment. *ISRA International journal of Islamic finance*, 149-160.
- Amin, A., & Abdullah, M. W. (n.d.). Musyarakah Mutanaqishah, Innovative Product for Islamic Banking Financing in Indonesia.
- Arbi, L. H. (2021). A Contract Theory Approach to Islamic Financial Securities with an Application to Diminishing Musharakah. *Journal of Risk and Financial Management*, 17.
- Asadov, A., Sori, Z. B., Ramadilli, S. M., Anwer, Z., & Shamsudheen, S. V. (2018). Musharakah Mutanaqishah home financing: issues in practice. *Journal of Islamic Accounting and Business Research*.
- Bolton, P., & Dewatripont, M. (2005). Contract Theory--Cambridge. MA, T.
- Cox, J. C., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of financial Economics*, 229-263.
- Darmaji, T., & Fakhruddin, M. (2012). *Pasar Modal Di Indonesia*. Jakarta: Salemba Empat.
- Ferdiansyah, T. (2002). *Refleksi dan Strategi Penerapan Manajemen Risiko Perbankan Indonesia*. Jakarta: PT. Elex Media.
- Hosen, M. N. (2016). Musyarakah mutanaqishah. *Al-Iqtishad: Jurnal Ilmu Ekonomi Syariah*.
- Hull, J. (2002). Option, futures and other derivatives. Prentice Hall.
- Maiyaki, A. A. (2013). Principles of Islamic capital market. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 278-283.
- Nugroho, A. A., Purnama, M. I., & Fauzia, L. R. (2018). Monetary policy and the housing market in Indonesia: Evidence from selected regions. *Jurnal Keuangan dan Perbankan*, 4(22), 747-759.
- Ohnishi, T., Mizuno, T., Shimizu, C., & Watanabe, T. (2011). On the evolution of the house price distribution.
- Peizer, D., & Pratt, J. (1968). A normal approximation for binomial, F, beta, and other common, related tail probabilities, I. *Journal of the American Statistical Association*, 1416-1456.
- Rohmi, P. K. (2015). Implementasi Akad Musyarakah Mutanaqishah pada Pembiayaan Kepemilikan Rumah di Bank Muamalat Lumajang. *Iqtishoduna: Jurnal Ekonomi Islam*, 1(4), 17-37.
- Rusakov, O., & Laskin, M. (2016). A Stochastic Model for Real Estate Pricing Estimation and Description of its Dynamics based on the Pseudo-Poisson type Processes. *Advances in Mathematics and Computer Science and their Applications, Venice, Italy, January 29-31*(WSEAS-World Scientific and Engineering Academy and Society), 40-43.
- Salim, H. (2021). *Hukum kontrak: Teori dan teknik penyusunan kontrak*. Sinar Grafika.
- Sumarti, N. (2018). *Matematika Keuangan Syariah*. Bandung: ITB Press.
- Walpole, R. (1995). *Pengantar Statistika Edisi Ketiga*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Tabel Simulasi Parameter β

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1, \theta_H = 1.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1	1.3	0%	31.80%
20%	1	1.3	1%	31.80%
20%	1	1.3	2%	31.80%
20%	1	1.3	3%	31.80%
20%	1	1.3	4%	31.80%
20%	1	1.3	5%	31.80%
20%	1	1.3	6%	31.80%
20%	1	1.3	7%	31.79%
20%	1	1.3	8%	31.79%
20%	1	1.3	9%	31.79%
20%	1	1.3	10%	31.79%
20%	1	1.3	11%	31.79%
20%	1	1.3	12%	31.79%
20%	1	1.3	13%	31.79%
20%	1	1.3	14%	31.78%
20%	1	1.3	15%	31.78%
20%	1	1.3	16%	31.78%
20%	1	1.3	17%	31.78%
20%	1	1.3	18%	31.78%
20%	1	1.3	19%	31.78%
20%	1	1.3	20%	31.77%
20%	1	1.3	21%	31.77%
20%	1	1.3	22%	31.77%
20%	1	1.3	23%	31.77%
20%	1	1.3	24%	31.77%
20%	1	1.3	25%	31.77%
20%	1	1.3	26%	31.76%
20%	1	1.3	27%	31.76%
20%	1	1.3	28%	31.76%
20%	1	1.3	29%	31.76%
.
.
.
20%	1	1.3	68%	31.48%
20%	1	1.3	69%	31.44%
20%	1	1.3	70%	31.39%
20%	1	1.3	71%	31.33%
20%	1	1.3	72%	31.25%
20%	1	1.3	73%	31.12%
20%	1	1.3	74%	30.91%
20%	1	1.3	75%	30.50%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1.4, \theta_H = 1.7$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1.4	1.7	0%	32.04%
20%	1.4	1.7	1%	32.04%
20%	1.4	1.7	2%	32.04%
20%	1.4	1.7	3%	32.04%
20%	1.4	1.7	4%	32.03%
20%	1.4	1.7	5%	32.03%
20%	1.4	1.7	6%	32.03%
20%	1.4	1.7	7%	32.03%
20%	1.4	1.7	8%	32.03%
20%	1.4	1.7	9%	32.03%
20%	1.4	1.7	10%	32.03%
20%	1.4	1.7	11%	32.03%
20%	1.4	1.7	12%	32.03%
20%	1.4	1.7	13%	32.03%
20%	1.4	1.7	14%	32.03%
20%	1.4	1.7	15%	32.03%
20%	1.4	1.7	16%	32.03%
20%	1.4	1.7	17%	32.03%
20%	1.4	1.7	18%	32.02%
20%	1.4	1.7	19%	32.02%
20%	1.4	1.7	20%	32.02%
20%	1.4	1.7	21%	32.02%
20%	1.4	1.7	22%	32.02%
20%	1.4	1.7	23%	32.02%
20%	1.4	1.7	24%	32.02%
20%	1.4	1.7	25%	32.02%
20%	1.4	1.7	26%	32.02%
20%	1.4	1.7	27%	32.02%
20%	1.4	1.7	28%	32.02%
20%	1.4	1.7	29%	32.02%
.
.
.
20%	1.4	1.7	72%	31.89%
20%	1.4	1.7	73%	31.88%
20%	1.4	1.7	74%	31.86%
20%	1.4	1.7	75%	31.84%
20%	1.4	1.7	76%	31.81%
20%	1.4	1.7	77%	31.78%
20%	1.4	1.7	78%	31.73%
20%	1.4	1.7	79%	31.65%
20%	1.4	1.7	80%	31.51%
20%	1.4	1.7	81%	31.18%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1.8, \theta_H = 2.1$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1.8	2.1	0%	32.17%
20%	1.8	2.1	1%	32.17%
20%	1.8	2.1	2%	32.17%
20%	1.8	2.1	3%	32.17%
20%	1.8	2.1	4%	32.17%
20%	1.8	2.1	5%	32.17%
20%	1.8	2.1	6%	32.17%
20%	1.8	2.1	7%	32.17%
20%	1.8	2.1	8%	32.17%
20%	1.8	2.1	9%	32.17%
20%	1.8	2.1	10%	32.17%
20%	1.8	2.1	11%	32.17%
20%	1.8	2.1	12%	32.17%
20%	1.8	2.1	13%	32.17%
20%	1.8	2.1	14%	32.17%
20%	1.8	2.1	15%	32.17%
20%	1.8	2.1	16%	32.17%
20%	1.8	2.1	17%	32.17%
20%	1.8	2.1	18%	32.17%
20%	1.8	2.1	19%	32.16%
20%	1.8	2.1	20%	32.16%
20%	1.8	2.1	21%	32.16%
20%	1.8	2.1	22%	32.16%
20%	1.8	2.1	23%	32.16%
20%	1.8	2.1	24%	32.16%
20%	1.8	2.1	25%	32.16%
20%	1.8	2.1	26%	32.16%
20%	1.8	2.1	27%	32.16%
20%	1.8	2.1	28%	32.16%
20%	1.8	2.1	29%	32.16%
.
.
.
20%	1.8	2.1	75%	32.09%
20%	1.8	2.1	76%	32.08%
20%	1.8	2.1	77%	32.07%
20%	1.8	2.1	78%	32.06%
20%	1.8	2.1	79%	32.05%
20%	1.8	2.1	80%	32.03%
20%	1.8	2.1	81%	32.00%
20%	1.8	2.1	82%	31.97%
20%	1.8	2.1	83%	31.90%
20%	1.8	2.1	84%	31.78%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 2.2, \theta_H = 2.5$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	2.2	2.5	0%	32.26%
20%	2.2	2.5	1%	32.26%
20%	2.2	2.5	2%	32.26%
20%	2.2	2.5	3%	32.26%
20%	2.2	2.5	4%	32.26%
20%	2.2	2.5	5%	32.26%
20%	2.2	2.5	6%	32.26%
20%	2.2	2.5	7%	32.26%
20%	2.2	2.5	8%	32.26%
20%	2.2	2.5	9%	32.26%
20%	2.2	2.5	10%	32.26%
20%	2.2	2.5	11%	32.26%
20%	2.2	2.5	12%	32.26%
20%	2.2	2.5	13%	32.26%
20%	2.2	2.5	14%	32.26%
20%	2.2	2.5	15%	32.26%
20%	2.2	2.5	16%	32.26%
20%	2.2	2.5	17%	32.26%
20%	2.2	2.5	18%	32.26%
20%	2.2	2.5	19%	32.26%
20%	2.2	2.5	20%	32.26%
20%	2.2	2.5	21%	32.26%
20%	2.2	2.5	22%	32.26%
20%	2.2	2.5	23%	32.26%
20%	2.2	2.5	24%	32.25%
20%	2.2	2.5	25%	32.25%
20%	2.2	2.5	26%	32.25%
20%	2.2	2.5	27%	32.25%
20%	2.2	2.5	28%	32.25%
20%	2.2	2.5	29%	32.25%
.
.
.
20%	2.2	2.5	78%	32.20%
20%	2.2	2.5	79%	32.20%
20%	2.2	2.5	80%	32.19%
20%	2.2	2.5	81%	32.18%
20%	2.2	2.5	82%	32.17%
20%	2.2	2.5	83%	32.16%
20%	2.2	2.5	84%	32.14%
20%	2.2	2.5	85%	32.10%
20%	2.2	2.5	86%	32.04%
20%	2.2	2.5	87%	31.86%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 2.6, \theta_H = 2.9$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	2.6	2.9	0%	32.32%
20%	2.6	2.9	1%	32.32%
20%	2.6	2.9	2%	32.32%
20%	2.6	2.9	3%	32.32%
20%	2.6	2.9	4%	32.32%
20%	2.6	2.9	5%	32.32%
20%	2.6	2.9	6%	32.32%
20%	2.6	2.9	7%	32.32%
20%	2.6	2.9	8%	32.32%
20%	2.6	2.9	9%	32.32%
20%	2.6	2.9	10%	32.32%
20%	2.6	2.9	11%	32.32%
20%	2.6	2.9	12%	32.32%
20%	2.6	2.9	13%	32.32%
20%	2.6	2.9	14%	32.32%
20%	2.6	2.9	15%	32.32%
20%	2.6	2.9	16%	32.32%
20%	2.6	2.9	17%	32.32%
20%	2.6	2.9	18%	32.32%
20%	2.6	2.9	19%	32.32%
20%	2.6	2.9	20%	32.32%
20%	2.6	2.9	21%	32.32%
20%	2.6	2.9	22%	32.32%
20%	2.6	2.9	23%	32.32%
20%	2.6	2.9	24%	32.32%
20%	2.6	2.9	25%	32.32%
20%	2.6	2.9	26%	32.32%
20%	2.6	2.9	27%	32.32%
20%	2.6	2.9	28%	32.32%
20%	2.6	2.9	29%	32.32%
.
.
.
20%	2.6	2.9	79%	32.29%
20%	2.6	2.9	80%	32.28%
20%	2.6	2.9	81%	32.28%
20%	2.6	2.9	82%	32.27%
20%	2.6	2.9	83%	32.27%
20%	2.6	2.9	84%	32.26%
20%	2.6	2.9	85%	32.25%
20%	2.6	2.9	86%	32.23%
20%	2.6	2.9	87%	32.21%
20%	2.6	2.9	88%	32.15%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 3, \theta_H = 3.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	3	3.3	0%	32.37%
20%	3	3.3	1%	32.37%
20%	3	3.3	2%	32.37%
20%	3	3.3	3%	32.37%
20%	3	3.3	4%	32.37%
20%	3	3.3	5%	32.37%
20%	3	3.3	6%	32.37%
20%	3	3.3	7%	32.37%
20%	3	3.3	8%	32.37%
20%	3	3.3	9%	32.37%
20%	3	3.3	10%	32.37%
20%	3	3.3	11%	32.37%
20%	3	3.3	12%	32.37%
20%	3	3.3	13%	32.37%
20%	3	3.3	14%	32.37%
20%	3	3.3	15%	32.37%
20%	3	3.3	16%	32.37%
20%	3	3.3	17%	32.37%
20%	3	3.3	18%	32.37%
20%	3	3.3	19%	32.37%
20%	3	3.3	20%	32.37%
20%	3	3.3	21%	32.37%
20%	3	3.3	22%	32.37%
20%	3	3.3	23%	32.37%
20%	3	3.3	24%	32.37%
20%	3	3.3	25%	32.37%
20%	3	3.3	26%	32.37%
20%	3	3.3	27%	32.37%
20%	3	3.3	28%	32.37%
20%	3	3.3	29%	32.37%
.
.
.
20%	3	3.3	80%	32.34%
20%	3	3.3	81%	32.34%
20%	3	3.3	82%	32.34%
20%	3	3.3	83%	32.34%
20%	3	3.3	84%	32.33%
20%	3	3.3	85%	32.33%
20%	3	3.3	86%	32.32%
20%	3	3.3	87%	32.31%
20%	3	3.3	88%	32.29%
20%	3	3.3	89%	32.26%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1, \theta_H = 1.5$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1	1.5	0%	31.85%
20%	1	1.5	1%	31.85%
20%	1	1.5	2%	31.85%
20%	1	1.5	3%	31.85%
20%	1	1.5	4%	31.85%
20%	1	1.5	5%	31.84%
20%	1	1.5	6%	31.84%
20%	1	1.5	7%	31.84%
20%	1	1.5	8%	31.84%
20%	1	1.5	9%	31.84%
20%	1	1.5	10%	31.83%
20%	1	1.5	11%	31.83%
20%	1	1.5	12%	31.83%
20%	1	1.5	13%	31.83%
20%	1	1.5	14%	31.82%
20%	1	1.5	15%	31.82%
20%	1	1.5	16%	31.82%
20%	1	1.5	17%	31.81%
20%	1	1.5	18%	31.81%
20%	1	1.5	19%	31.81%
20%	1	1.5	20%	31.81%
20%	1	1.5	21%	31.80%
20%	1	1.5	22%	31.80%
20%	1	1.5	23%	31.80%
20%	1	1.5	24%	31.79%
20%	1	1.5	25%	31.79%
20%	1	1.5	26%	31.79%
20%	1	1.5	27%	31.78%
20%	1	1.5	28%	31.78%
20%	1	1.5	29%	31.77%
.
.
.
20%	1	1.5	56%	31.45%
20%	1	1.5	57%	31.41%
20%	1	1.5	58%	31.36%
20%	1	1.5	59%	31.29%
20%	1	1.5	60%	31.21%
20%	1	1.5	61%	31.10%
20%	1	1.5	62%	30.94%
20%	1	1.5	63%	30.71%
20%	1	1.5	64%	30.29%
20%	1	1.5	65%	29.35%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1.4, \theta_H = 1.9$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1.4	1.9	0%	32.07%
20%	1.4	1.9	1%	32.07%
20%	1.4	1.9	2%	32.07%
20%	1.4	1.9	3%	32.07%
20%	1.4	1.9	4%	32.06%
20%	1.4	1.9	5%	32.06%
20%	1.4	1.9	6%	32.06%
20%	1.4	1.9	7%	32.06%
20%	1.4	1.9	8%	32.06%
20%	1.4	1.9	9%	32.06%
20%	1.4	1.9	10%	32.06%
20%	1.4	1.9	11%	32.06%
20%	1.4	1.9	12%	32.05%
20%	1.4	1.9	13%	32.05%
20%	1.4	1.9	14%	32.05%
20%	1.4	1.9	15%	32.05%
20%	1.4	1.9	16%	32.05%
20%	1.4	1.9	17%	32.05%
20%	1.4	1.9	18%	32.05%
20%	1.4	1.9	19%	32.05%
20%	1.4	1.9	20%	32.04%
20%	1.4	1.9	21%	32.04%
20%	1.4	1.9	22%	32.04%
20%	1.4	1.9	23%	32.04%
20%	1.4	1.9	24%	32.04%
20%	1.4	1.9	25%	32.04%
20%	1.4	1.9	26%	32.03%
20%	1.4	1.9	27%	32.03%
20%	1.4	1.9	28%	32.03%
20%	1.4	1.9	29%	32.03%
.
.
.
20%	1.4	1.9	63%	31.84%
20%	1.4	1.9	64%	31.82%
20%	1.4	1.9	65%	31.79%
20%	1.4	1.9	66%	31.76%
20%	1.4	1.9	67%	31.72%
20%	1.4	1.9	68%	31.66%
20%	1.4	1.9	69%	31.58%
20%	1.4	1.9	70%	31.46%
20%	1.4	1.9	71%	31.26%
20%	1.4	1.9	72%	30.81%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1.8, \theta_H = 2.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1.8	2.3	0%	32.19%
20%	1.8	2.3	1%	32.19%
20%	1.8	2.3	2%	32.19%
20%	1.8	2.3	3%	32.19%
20%	1.8	2.3	4%	32.19%
20%	1.8	2.3	5%	32.19%
20%	1.8	2.3	6%	32.19%
20%	1.8	2.3	7%	32.19%
20%	1.8	2.3	8%	32.19%
20%	1.8	2.3	9%	32.19%
20%	1.8	2.3	10%	32.19%
20%	1.8	2.3	11%	32.19%
20%	1.8	2.3	12%	32.19%
20%	1.8	2.3	13%	32.18%
20%	1.8	2.3	14%	32.18%
20%	1.8	2.3	15%	32.18%
20%	1.8	2.3	16%	32.18%
20%	1.8	2.3	17%	32.18%
20%	1.8	2.3	18%	32.18%
20%	1.8	2.3	19%	32.18%
20%	1.8	2.3	20%	32.18%
20%	1.8	2.3	21%	32.18%
20%	1.8	2.3	22%	32.18%
20%	1.8	2.3	23%	32.18%
20%	1.8	2.3	24%	32.18%
20%	1.8	2.3	25%	32.17%
20%	1.8	2.3	26%	32.17%
20%	1.8	2.3	27%	32.17%
20%	1.8	2.3	28%	32.17%
20%	1.8	2.3	29%	32.17%
.
.
.
20%	1.8	2.3	68%	32.05%
20%	1.8	2.3	69%	32.03%
20%	1.8	2.3	70%	32.01%
20%	1.8	2.3	71%	31.99%
20%	1.8	2.3	72%	31.96%
20%	1.8	2.3	73%	31.93%
20%	1.8	2.3	74%	31.87%
20%	1.8	2.3	75%	31.79%
20%	1.8	2.3	76%	31.63%
20%	1.8	2.3	77%	31.23%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 2.2, \theta_H = 2.7$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	2.2	2.7	0%	32.28%
20%	2.2	2.7	1%	32.28%
20%	2.2	2.7	2%	32.28%
20%	2.2	2.7	3%	32.28%
20%	2.2	2.7	4%	32.28%
20%	2.2	2.7	5%	32.27%
20%	2.2	2.7	6%	32.27%
20%	2.2	2.7	7%	32.27%
20%	2.2	2.7	8%	32.27%
20%	2.2	2.7	9%	32.27%
20%	2.2	2.7	10%	32.27%
20%	2.2	2.7	11%	32.27%
20%	2.2	2.7	12%	32.27%
20%	2.2	2.7	13%	32.27%
20%	2.2	2.7	14%	32.27%
20%	2.2	2.7	15%	32.27%
20%	2.2	2.7	16%	32.27%
20%	2.2	2.7	17%	32.27%
20%	2.2	2.7	18%	32.27%
20%	2.2	2.7	19%	32.27%
20%	2.2	2.7	20%	32.27%
20%	2.2	2.7	21%	32.27%
20%	2.2	2.7	22%	32.27%
20%	2.2	2.7	23%	32.27%
20%	2.2	2.7	24%	32.26%
20%	2.2	2.7	25%	32.26%
20%	2.2	2.7	26%	32.26%
20%	2.2	2.7	27%	32.26%
20%	2.2	2.7	28%	32.26%
20%	2.2	2.7	29%	32.26%
.
.
.
20%	2.2	2.7	78%	32.18%
20%	2.2	2.7	79%	32.17%
20%	2.2	2.7	80%	32.16%
20%	2.2	2.7	81%	32.15%
20%	2.2	2.7	82%	32.13%
20%	2.2	2.7	83%	32.10%
20%	2.2	2.7	84%	32.07%
20%	2.2	2.7	85%	32.02%
20%	2.2	2.7	86%	31.94%
20%	2.2	2.7	87%	31.74%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 2.6, \theta_H = 3.1$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	2.6	3.1	0%	32.34%
20%	2.6	3.1	1%	32.34%
20%	2.6	3.1	2%	32.34%
20%	2.6	3.1	3%	32.33%
20%	2.6	3.1	4%	32.33%
20%	2.6	3.1	5%	32.33%
20%	2.6	3.1	6%	32.33%
20%	2.6	3.1	7%	32.33%
20%	2.6	3.1	8%	32.33%
20%	2.6	3.1	9%	32.33%
20%	2.6	3.1	10%	32.33%
20%	2.6	3.1	11%	32.33%
20%	2.6	3.1	12%	32.33%
20%	2.6	3.1	13%	32.33%
20%	2.6	3.1	14%	32.33%
20%	2.6	3.1	15%	32.33%
20%	2.6	3.1	16%	32.33%
20%	2.6	3.1	17%	32.33%
20%	2.6	3.1	18%	32.33%
20%	2.6	3.1	19%	32.33%
20%	2.6	3.1	20%	32.33%
20%	2.6	3.1	21%	32.33%
20%	2.6	3.1	22%	32.33%
20%	2.6	3.1	23%	32.33%
20%	2.6	3.1	24%	32.33%
20%	2.6	3.1	25%	32.33%
20%	2.6	3.1	26%	32.33%
20%	2.6	3.1	27%	32.33%
20%	2.6	3.1	28%	32.33%
20%	2.6	3.1	29%	32.33%
.
.
.
20%	2.6	3.1	73%	32.27%
20%	2.6	3.1	74%	32.26%
20%	2.6	3.1	75%	32.26%
20%	2.6	3.1	76%	32.25%
20%	2.6	3.1	77%	32.24%
20%	2.6	3.1	78%	32.22%
20%	2.6	3.1	79%	32.20%
20%	2.6	3.1	80%	32.17%
20%	2.6	3.1	81%	32.13%
20%	2.6	3.1	82%	32.03%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 3, \theta_H = 3.5$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	3	3.5	0%	32.38%
20%	3	3.5	1%	32.38%
20%	3	3.5	2%	32.38%
20%	3	3.5	3%	32.38%
20%	3	3.5	4%	32.38%
20%	3	3.5	5%	32.38%
20%	3	3.5	6%	32.38%
20%	3	3.5	7%	32.38%
20%	3	3.5	8%	32.38%
20%	3	3.5	9%	32.38%
20%	3	3.5	10%	32.38%
20%	3	3.5	11%	32.38%
20%	3	3.5	12%	32.38%
20%	3	3.5	13%	32.38%
20%	3	3.5	14%	32.38%
20%	3	3.5	15%	32.38%
20%	3	3.5	16%	32.38%
20%	3	3.5	17%	32.38%
20%	3	3.5	18%	32.38%
20%	3	3.5	19%	32.37%
20%	3	3.5	20%	32.37%
20%	3	3.5	21%	32.37%
20%	3	3.5	22%	32.37%
20%	3	3.5	23%	32.37%
20%	3	3.5	24%	32.37%
20%	3	3.5	25%	32.37%
20%	3	3.5	26%	32.37%
20%	3	3.5	27%	32.37%
20%	3	3.5	28%	32.37%
20%	3	3.5	29%	32.37%
.
.
.
20%	3	3.5	75%	32.33%
20%	3	3.5	76%	32.32%
20%	3	3.5	77%	32.32%
20%	3	3.5	78%	32.31%
20%	3	3.5	79%	32.30%
20%	3	3.5	80%	32.29%
20%	3	3.5	81%	32.28%
20%	3	3.5	82%	32.26%
20%	3	3.5	83%	32.22%
20%	3	3.5	84%	32.14%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1, \theta_H = 2$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1	2	0%	31.94%
20%	1	2	1%	31.93%
20%	1	2	2%	31.93%
20%	1	2	3%	31.93%
20%	1	2	4%	31.92%
20%	1	2	5%	31.92%
20%	1	2	6%	31.91%
20%	1	2	7%	31.91%
20%	1	2	8%	31.90%
20%	1	2	9%	31.90%
20%	1	2	10%	31.89%
20%	1	2	11%	31.89%
20%	1	2	12%	31.88%
20%	1	2	13%	31.88%
20%	1	2	14%	31.87%
20%	1	2	15%	31.86%
20%	1	2	16%	31.86%
20%	1	2	17%	31.85%
20%	1	2	18%	31.84%
20%	1	2	19%	31.83%
20%	1	2	20%	31.82%
20%	1	2	21%	31.82%
20%	1	2	22%	31.81%
20%	1	2	23%	31.80%
20%	1	2	24%	31.79%
20%	1	2	25%	31.77%
20%	1	2	26%	31.76%
20%	1	2	27%	31.75%
20%	1	2	28%	31.73%
20%	1	2	29%	31.72%
.
.
.
20%	1	2	40%	31.35%
20%	1	2	41%	31.28%
20%	1	2	42%	31.19%
20%	1	2	43%	31.07%
20%	1	2	44%	30.91%
20%	1	2	45%	30.69%
20%	1	2	46%	30.35%
20%	1	2	47%	29.79%
20%	1	2	48%	28.64%
20%	1	2	49%	24.91%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1.4, \theta_H = 2.4$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1.4	2.4	0%	32.12%
20%	1.4	2.4	1%	32.12%
20%	1.4	2.4	2%	32.12%
20%	1.4	2.4	3%	32.12%
20%	1.4	2.4	4%	32.12%
20%	1.4	2.4	5%	32.11%
20%	1.4	2.4	6%	32.11%
20%	1.4	2.4	7%	32.11%
20%	1.4	2.4	8%	32.11%
20%	1.4	2.4	9%	32.10%
20%	1.4	2.4	10%	32.10%
20%	1.4	2.4	11%	32.10%
20%	1.4	2.4	12%	32.10%
20%	1.4	2.4	13%	32.09%
20%	1.4	2.4	14%	32.09%
20%	1.4	2.4	15%	32.09%
20%	1.4	2.4	16%	32.08%
20%	1.4	2.4	17%	32.08%
20%	1.4	2.4	18%	32.08%
20%	1.4	2.4	19%	32.07%
20%	1.4	2.4	20%	32.07%
20%	1.4	2.4	21%	32.07%
20%	1.4	2.4	22%	32.06%
20%	1.4	2.4	23%	32.06%
20%	1.4	2.4	24%	32.06%
20%	1.4	2.4	25%	32.05%
20%	1.4	2.4	26%	32.05%
20%	1.4	2.4	27%	32.04%
20%	1.4	2.4	28%	32.04%
20%	1.4	2.4	29%	32.03%
.
.
.
20%	1.4	2.4	48%	31.76%
20%	1.4	2.4	49%	31.72%
20%	1.4	2.4	50%	31.67%
20%	1.4	2.4	51%	31.61%
20%	1.4	2.4	52%	31.52%
20%	1.4	2.4	53%	31.41%
20%	1.4	2.4	54%	31.24%
20%	1.4	2.4	55%	30.98%
20%	1.4	2.4	56%	30.48%
20%	1.4	2.4	57%	29.20%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 1.8, \theta_H = 2.8$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1.8	2.8	0%	32.23%
20%	1.8	2.8	1%	32.23%
20%	1.8	2.8	2%	32.23%
20%	1.8	2.8	3%	32.23%
20%	1.8	2.8	4%	32.23%
20%	1.8	2.8	5%	32.23%
20%	1.8	2.8	6%	32.23%
20%	1.8	2.8	7%	32.22%
20%	1.8	2.8	8%	32.22%
20%	1.8	2.8	9%	32.22%
20%	1.8	2.8	10%	32.22%
20%	1.8	2.8	11%	32.22%
20%	1.8	2.8	12%	32.22%
20%	1.8	2.8	13%	32.21%
20%	1.8	2.8	14%	32.21%
20%	1.8	2.8	15%	32.21%
20%	1.8	2.8	16%	32.21%
20%	1.8	2.8	17%	32.21%
20%	1.8	2.8	18%	32.21%
20%	1.8	2.8	19%	32.20%
20%	1.8	2.8	20%	32.20%
20%	1.8	2.8	21%	32.20%
20%	1.8	2.8	22%	32.20%
20%	1.8	2.8	23%	32.20%
20%	1.8	2.8	24%	32.19%
20%	1.8	2.8	25%	32.19%
20%	1.8	2.8	26%	32.19%
20%	1.8	2.8	27%	32.19%
20%	1.8	2.8	28%	32.18%
20%	1.8	2.8	29%	32.18%
.
.
.
20%	1.8	2.8	54%	31.99%
20%	1.8	2.8	55%	31.96%
20%	1.8	2.8	56%	31.93%
20%	1.8	2.8	57%	31.88%
20%	1.8	2.8	58%	31.83%
20%	1.8	2.8	59%	31.75%
20%	1.8	2.8	60%	31.65%
20%	1.8	2.8	61%	31.47%
20%	1.8	2.8	62%	31.15%
20%	1.8	2.8	63%	30.31%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 2.2, \theta_H = 3.2$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	2.2	3.2	0%	32.31%
20%	2.2	3.2	1%	32.30%
20%	2.2	3.2	2%	32.30%
20%	2.2	3.2	3%	32.30%
20%	2.2	3.2	4%	32.30%
20%	2.2	3.2	5%	32.30%
20%	2.2	3.2	6%	32.30%
20%	2.2	3.2	7%	32.30%
20%	2.2	3.2	8%	32.30%
20%	2.2	3.2	9%	32.30%
20%	2.2	3.2	10%	32.30%
20%	2.2	3.2	11%	32.30%
20%	2.2	3.2	12%	32.29%
20%	2.2	3.2	13%	32.29%
20%	2.2	3.2	14%	32.29%
20%	2.2	3.2	15%	32.29%
20%	2.2	3.2	16%	32.29%
20%	2.2	3.2	17%	32.29%
20%	2.2	3.2	18%	32.29%
20%	2.2	3.2	19%	32.29%
20%	2.2	3.2	20%	32.29%
20%	2.2	3.2	21%	32.28%
20%	2.2	3.2	22%	32.28%
20%	2.2	3.2	23%	32.28%
20%	2.2	3.2	24%	32.28%
20%	2.2	3.2	25%	32.28%
20%	2.2	3.2	26%	32.28%
20%	2.2	3.2	27%	32.28%
20%	2.2	3.2	28%	32.27%
20%	2.2	3.2	29%	32.27%
.
.
.
20%	2.2	3.2	58%	32.14%
20%	2.2	3.2	59%	32.12%
20%	2.2	3.2	60%	32.10%
20%	2.2	3.2	61%	32.07%
20%	2.2	3.2	62%	32.04%
20%	2.2	3.2	63%	31.99%
20%	2.2	3.2	64%	31.93%
20%	2.2	3.2	65%	31.84%
20%	2.2	3.2	66%	31.68%
20%	2.2	3.2	67%	31.34%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 2.6, \theta_H = 3.6$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	2.6	3.6	0%	32.36%
20%	2.6	3.6	1%	32.36%
20%	2.6	3.6	2%	32.36%
20%	2.6	3.6	3%	32.36%
20%	2.6	3.6	4%	32.36%
20%	2.6	3.6	5%	32.36%
20%	2.6	3.6	6%	32.35%
20%	2.6	3.6	7%	32.35%
20%	2.6	3.6	8%	32.35%
20%	2.6	3.6	9%	32.35%
20%	2.6	3.6	10%	32.35%
20%	2.6	3.6	11%	32.35%
20%	2.6	3.6	12%	32.35%
20%	2.6	3.6	13%	32.35%
20%	2.6	3.6	14%	32.35%
20%	2.6	3.6	15%	32.35%
20%	2.6	3.6	16%	32.35%
20%	2.6	3.6	17%	32.35%
20%	2.6	3.6	18%	32.35%
20%	2.6	3.6	19%	32.35%
20%	2.6	3.6	20%	32.34%
20%	2.6	3.6	21%	32.34%
20%	2.6	3.6	22%	32.34%
20%	2.6	3.6	23%	32.34%
20%	2.6	3.6	24%	32.34%
20%	2.6	3.6	25%	32.34%
20%	2.6	3.6	26%	32.34%
20%	2.6	3.6	27%	32.34%
20%	2.6	3.6	28%	32.34%
20%	2.6	3.6	29%	32.34%
.
.
.
20%	2.6	3.6	62%	32.22%
20%	2.6	3.6	63%	32.21%
20%	2.6	3.6	64%	32.19%
20%	2.6	3.6	65%	32.17%
20%	2.6	3.6	66%	32.14%
20%	2.6	3.6	67%	32.11%
20%	2.6	3.6	68%	32.05%
20%	2.6	3.6	69%	31.97%
20%	2.6	3.6	70%	31.81%
20%	2.6	3.6	71%	31.39%

Tabel Simulasi Parameter β untuk $\theta_L = 3, \theta_H = 4$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	3	4	0%	32.40%
20%	3	4	1%	32.40%
20%	3	4	2%	32.40%
20%	3	4	3%	32.40%
20%	3	4	4%	32.40%
20%	3	4	5%	32.40%
20%	3	4	6%	32.39%
20%	3	4	7%	32.39%
20%	3	4	8%	32.39%
20%	3	4	9%	32.39%
20%	3	4	10%	32.39%
20%	3	4	11%	32.39%
20%	3	4	12%	32.39%
20%	3	4	13%	32.39%
20%	3	4	14%	32.39%
20%	3	4	15%	32.39%
20%	3	4	16%	32.39%
20%	3	4	17%	32.39%
20%	3	4	18%	32.39%
20%	3	4	19%	32.39%
20%	3	4	20%	32.39%
20%	3	4	21%	32.39%
20%	3	4	22%	32.39%
20%	3	4	23%	32.39%
20%	3	4	24%	32.38%
20%	3	4	25%	32.38%
20%	3	4	26%	32.38%
20%	3	4	27%	32.38%
20%	3	4	28%	32.38%
20%	3	4	29%	32.38%
.
.
.
20%	3	4	65%	32.29%
20%	3	4	66%	32.28%
20%	3	4	67%	32.27%
20%	3	4	68%	32.25%
20%	3	4	69%	32.23%
20%	3	4	70%	32.20%
20%	3	4	71%	32.15%
20%	3	4	72%	32.08%
20%	3	4	73%	31.94%
20%	3	4	74%	31.53%

LAMPIRAN B Tabel Simulasi Parameter σ

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1, \theta_H = 1.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1	1.3	75.9%	-1.98%
2%	1	1.3	75.9%	-0.53%
3%	1	1.3	75.9%	0.94%
4%	1	1.3	75.9%	2.43%
5%	1	1.3	75.9%	3.94%
6%	1	1.3	75.9%	5.47%
7%	1	1.3	75.9%	7.02%
8%	1	1.3	75.9%	8.60%
9%	1	1.3	75.9%	10.20%
10%	1	1.3	75.9%	11.82%
11%	1	1.3	75.9%	13.47%
12%	1	1.3	75.9%	15.13%
13%	1	1.3	75.9%	16.82%
14%	1	1.3	75.9%	18.54%
15%	1	1.3	75.9%	20.28%
16%	1	1.3	75.9%	22.04%
17%	1	1.3	75.9%	23.83%
18%	1	1.3	75.9%	25.65%
19%	1	1.3	75.9%	27.49%
20%	1	1.3	75.9%	29.35%
21%	1	1.3	75.9%	31.25%
22%	1	1.3	75.9%	33.17%
23%	1	1.3	75.9%	35.11%
24%	1	1.3	75.9%	37.09%
25%	1	1.3	75.9%	39.09%
26%	1	1.3	75.9%	41.12%
27%	1	1.3	75.9%	43.18%
28%	1	1.3	75.9%	45.27%
29%	1	1.3	75.9%	47.39%
30%	1	1.3	75.9%	49.54%
.
.
.
91%	1	1.3	75.9%	258.95%
92%	1	1.3	75.9%	264.11%
93%	1	1.3	75.9%	269.34%
94%	1	1.3	75.9%	274.65%
95%	1	1.3	75.9%	280.03%
96%	1	1.3	75.9%	285.49%
97%	1	1.3	75.9%	291.03%
98%	1	1.3	75.9%	296.65%
99%	1	1.3	75.9%	302.34%
100%	1	1.3	75.9%	308.12%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1.4, \theta_H = 1.7$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1.4	1.7	75.9%	0.55%
2%	1.4	1.7	75.9%	1.99%
3%	1.4	1.7	75.9%	3.46%
4%	1.4	1.7	75.9%	4.95%
5%	1.4	1.7	75.9%	6.45%
6%	1.4	1.7	75.9%	7.98%
7%	1.4	1.7	75.9%	9.53%
8%	1.4	1.7	75.9%	11.10%
9%	1.4	1.7	75.9%	12.70%
10%	1.4	1.7	75.9%	14.32%
11%	1.4	1.7	75.9%	15.96%
12%	1.4	1.7	75.9%	17.62%
13%	1.4	1.7	75.9%	19.31%
14%	1.4	1.7	75.9%	21.02%
15%	1.4	1.7	75.9%	22.76%
16%	1.4	1.7	75.9%	24.52%
17%	1.4	1.7	75.9%	26.30%
18%	1.4	1.7	75.9%	28.11%
19%	1.4	1.7	75.9%	29.95%
20%	1.4	1.7	75.9%	31.82%
21%	1.4	1.7	75.9%	33.71%
22%	1.4	1.7	75.9%	35.62%
23%	1.4	1.7	75.9%	37.57%
24%	1.4	1.7	75.9%	39.54%
25%	1.4	1.7	75.9%	41.54%
26%	1.4	1.7	75.9%	43.57%
27%	1.4	1.7	75.9%	45.62%
28%	1.4	1.7	75.9%	47.71%
29%	1.4	1.7	75.9%	49.83%
30%	1.4	1.7	75.9%	51.97%
.
.
.
91%	1.4	1.7	75.9%	261.29%
92%	1.4	1.7	75.9%	266.45%
93%	1.4	1.7	75.9%	271.68%
94%	1.4	1.7	75.9%	276.99%
95%	1.4	1.7	75.9%	282.37%
96%	1.4	1.7	75.9%	287.83%
97%	1.4	1.7	75.9%	293.37%
98%	1.4	1.7	75.9%	298.98%
99%	1.4	1.7	75.9%	304.68%
100%	1.4	1.7	75.9%	310.45%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1.8, \theta_H = 2.1$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1.8	2.1	75.9%	0.82%
2%	1.8	2.1	75.9%	2.26%
3%	1.8	2.1	75.9%	3.73%
4%	1.8	2.1	75.9%	5.21%
5%	1.8	2.1	75.9%	6.72%
6%	1.8	2.1	75.9%	8.25%
7%	1.8	2.1	75.9%	9.80%
8%	1.8	2.1	75.9%	11.37%
9%	1.8	2.1	75.9%	12.97%
10%	1.8	2.1	75.9%	14.58%
11%	1.8	2.1	75.9%	16.22%
12%	1.8	2.1	75.9%	17.89%
13%	1.8	2.1	75.9%	19.58%
14%	1.8	2.1	75.9%	21.29%
15%	1.8	2.1	75.9%	23.02%
16%	1.8	2.1	75.9%	24.78%
17%	1.8	2.1	75.9%	26.57%
18%	1.8	2.1	75.9%	28.38%
19%	1.8	2.1	75.9%	30.22%
20%	1.8	2.1	75.9%	32.08%
21%	1.8	2.1	75.9%	33.97%
22%	1.8	2.1	75.9%	35.89%
23%	1.8	2.1	75.9%	37.83%
24%	1.8	2.1	75.9%	39.80%
25%	1.8	2.1	75.9%	41.80%
26%	1.8	2.1	75.9%	43.83%
27%	1.8	2.1	75.9%	45.89%
28%	1.8	2.1	75.9%	47.98%
29%	1.8	2.1	75.9%	50.09%
30%	1.8	2.1	75.9%	52.24%
.
.
.
91%	1.8	2.1	75.9%	261.56%
92%	1.8	2.1	75.9%	266.72%
93%	1.8	2.1	75.9%	271.95%
94%	1.8	2.1	75.9%	277.26%
95%	1.8	2.1	75.9%	282.64%
96%	1.8	2.1	75.9%	288.10%
97%	1.8	2.1	75.9%	293.63%
98%	1.8	2.1	75.9%	299.25%
99%	1.8	2.1	75.9%	304.94%
100%	1.8	2.1	75.9%	310.72%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 2.2, \theta_H = 2.5$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	2.2	2.5	75.9%	0.95%
2%	2.2	2.5	75.9%	2.39%
3%	2.2	2.5	75.9%	3.86%
4%	2.2	2.5	75.9%	5.34%
5%	2.2	2.5	75.9%	6.85%
6%	2.2	2.5	75.9%	8.38%
7%	2.2	2.5	75.9%	9.93%
8%	2.2	2.5	75.9%	11.50%
9%	2.2	2.5	75.9%	13.10%
10%	2.2	2.5	75.9%	14.71%
11%	2.2	2.5	75.9%	16.35%
12%	2.2	2.5	75.9%	18.02%
13%	2.2	2.5	75.9%	19.71%
14%	2.2	2.5	75.9%	21.42%
15%	2.2	2.5	75.9%	23.15%
16%	2.2	2.5	75.9%	24.91%
17%	2.2	2.5	75.9%	26.70%
18%	2.2	2.5	75.9%	28.51%
19%	2.2	2.5	75.9%	30.35%
20%	2.2	2.5	75.9%	32.21%
21%	2.2	2.5	75.9%	34.10%
22%	2.2	2.5	75.9%	36.02%
23%	2.2	2.5	75.9%	37.96%
24%	2.2	2.5	75.9%	39.93%
25%	2.2	2.5	75.9%	41.93%
26%	2.2	2.5	75.9%	43.96%
27%	2.2	2.5	75.9%	46.02%
28%	2.2	2.5	75.9%	48.11%
29%	2.2	2.5	75.9%	50.22%
30%	2.2	2.5	75.9%	52.37%
.
.
.
91%	2.2	2.5	75.9%	261.69%
92%	2.2	2.5	75.9%	266.85%
93%	2.2	2.5	75.9%	272.08%
94%	2.2	2.5	75.9%	277.39%
95%	2.2	2.5	75.9%	282.77%
96%	2.2	2.5	75.9%	288.23%
97%	2.2	2.5	75.9%	293.76%
98%	2.2	2.5	75.9%	299.38%
99%	2.2	2.5	75.9%	305.07%
100%	2.2	2.5	75.9%	310.85%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 2.6, \theta_H = 2.9$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	2.6	2.9	75.9%	1.03%
2%	2.6	2.9	75.9%	2.47%
3%	2.6	2.9	75.9%	3.94%
4%	2.6	2.9	75.9%	5.42%
5%	2.6	2.9	75.9%	6.93%
6%	2.6	2.9	75.9%	8.46%
7%	2.6	2.9	75.9%	10.01%
8%	2.6	2.9	75.9%	11.58%
9%	2.6	2.9	75.9%	13.18%
10%	2.6	2.9	75.9%	14.79%
11%	2.6	2.9	75.9%	16.44%
12%	2.6	2.9	75.9%	18.10%
13%	2.6	2.9	75.9%	19.79%
14%	2.6	2.9	75.9%	21.50%
15%	2.6	2.9	75.9%	23.23%
16%	2.6	2.9	75.9%	25.00%
17%	2.6	2.9	75.9%	26.78%
18%	2.6	2.9	75.9%	28.59%
19%	2.6	2.9	75.9%	30.43%
20%	2.6	2.9	75.9%	32.29%
21%	2.6	2.9	75.9%	34.18%
22%	2.6	2.9	75.9%	36.10%
23%	2.6	2.9	75.9%	38.04%
24%	2.6	2.9	75.9%	40.02%
25%	2.6	2.9	75.9%	42.02%
26%	2.6	2.9	75.9%	44.04%
27%	2.6	2.9	75.9%	46.10%
28%	2.6	2.9	75.9%	48.19%
29%	2.6	2.9	75.9%	50.30%
30%	2.6	2.9	75.9%	52.45%
.
.
.
91%	2.6	2.9	75.9%	261.77%
92%	2.6	2.9	75.9%	266.93%
93%	2.6	2.9	75.9%	272.16%
94%	2.6	2.9	75.9%	277.47%
95%	2.6	2.9	75.9%	282.85%
96%	2.6	2.9	75.9%	288.31%
97%	2.6	2.9	75.9%	293.84%
98%	2.6	2.9	75.9%	299.46%
99%	2.6	2.9	75.9%	305.15%
100%	2.6	2.9	75.9%	310.93%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 3, \theta_H = 3.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	3	3.3	75.9%	1.08%
2%	3	3.3	75.9%	2.53%
3%	3	3.3	75.9%	3.99%
4%	3	3.3	75.9%	5.48%
5%	3	3.3	75.9%	6.99%
6%	3	3.3	75.9%	8.52%
7%	3	3.3	75.9%	10.07%
8%	3	3.3	75.9%	11.64%
9%	3	3.3	75.9%	13.23%
10%	3	3.3	75.9%	14.85%
11%	3	3.3	75.9%	16.49%
12%	3	3.3	75.9%	18.16%
13%	3	3.3	75.9%	19.84%
14%	3	3.3	75.9%	21.55%
15%	3	3.3	75.9%	23.29%
16%	3	3.3	75.9%	25.05%
17%	3	3.3	75.9%	26.84%
18%	3	3.3	75.9%	28.65%
19%	3	3.3	75.9%	30.49%
20%	3	3.3	75.9%	32.35%
21%	3	3.3	75.9%	34.24%
22%	3	3.3	75.9%	36.16%
23%	3	3.3	75.9%	38.10%
24%	3	3.3	75.9%	40.07%
25%	3	3.3	75.9%	42.07%
26%	3	3.3	75.9%	44.10%
27%	3	3.3	75.9%	46.16%
28%	3	3.3	75.9%	48.24%
29%	3	3.3	75.9%	50.36%
30%	3	3.3	75.9%	52.51%
.
.
.
91%	3	3.3	75.9%	261.83%
92%	3	3.3	75.9%	266.98%
93%	3	3.3	75.9%	272.22%
94%	3	3.3	75.9%	277.52%
95%	3	3.3	75.9%	282.90%
96%	3	3.3	75.9%	288.36%
97%	3	3.3	75.9%	293.90%
98%	3	3.3	75.9%	299.51%
99%	3	3.3	75.9%	305.21%
100%	3	3.3	75.9%	310.99%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1, \theta_H = 1.5$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1	1.5	65.7%	-3.84%
2%	1	1.5	65.7%	-2.39%
3%	1	1.5	65.7%	-0.91%
4%	1	1.5	65.7%	0.58%
5%	1	1.5	65.7%	2.10%
6%	1	1.5	65.7%	3.64%
7%	1	1.5	65.7%	5.20%
8%	1	1.5	65.7%	6.78%
9%	1	1.5	65.7%	8.39%
10%	1	1.5	65.7%	10.01%
11%	1	1.5	65.7%	11.66%
12%	1	1.5	65.7%	13.33%
13%	1	1.5	65.7%	15.03%
14%	1	1.5	65.7%	16.75%
15%	1	1.5	65.7%	18.50%
16%	1	1.5	65.7%	20.26%
17%	1	1.5	65.7%	22.06%
18%	1	1.5	65.7%	23.88%
19%	1	1.5	65.7%	25.72%
20%	1	1.5	65.7%	27.59%
21%	1	1.5	65.7%	29.49%
22%	1	1.5	65.7%	31.41%
23%	1	1.5	65.7%	33.36%
24%	1	1.5	65.7%	35.34%
25%	1	1.5	65.7%	37.35%
26%	1	1.5	65.7%	39.38%
27%	1	1.5	65.7%	41.45%
28%	1	1.5	65.7%	43.54%
29%	1	1.5	65.7%	45.66%
30%	1	1.5	65.7%	47.81%
.
.
.
91%	1	1.5	65.7%	257.35%
92%	1	1.5	65.7%	262.51%
93%	1	1.5	65.7%	267.74%
94%	1	1.5	65.7%	273.05%
95%	1	1.5	65.7%	278.44%
96%	1	1.5	65.7%	283.90%
97%	1	1.5	65.7%	289.43%
98%	1	1.5	65.7%	295.05%
99%	1	1.5	65.7%	300.75%
100%	1	1.5	65.7%	306.53%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1.4, \theta_H = 1.9$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1.4	1.9	65.7%	0.50%
2%	1.4	1.9	65.7%	1.95%
3%	1.4	1.9	65.7%	3.41%
4%	1.4	1.9	65.7%	4.90%
5%	1.4	1.9	65.7%	6.41%
6%	1.4	1.9	65.7%	7.94%
7%	1.4	1.9	65.7%	9.49%
8%	1.4	1.9	65.7%	11.06%
9%	1.4	1.9	65.7%	12.65%
10%	1.4	1.9	65.7%	14.27%
11%	1.4	1.9	65.7%	15.91%
12%	1.4	1.9	65.7%	17.58%
13%	1.4	1.9	65.7%	19.26%
14%	1.4	1.9	65.7%	20.98%
15%	1.4	1.9	65.7%	22.71%
16%	1.4	1.9	65.7%	24.47%
17%	1.4	1.9	65.7%	26.26%
18%	1.4	1.9	65.7%	28.07%
19%	1.4	1.9	65.7%	29.91%
20%	1.4	1.9	65.7%	31.77%
21%	1.4	1.9	65.7%	33.66%
22%	1.4	1.9	65.7%	35.58%
23%	1.4	1.9	65.7%	37.52%
24%	1.4	1.9	65.7%	39.49%
25%	1.4	1.9	65.7%	41.49%
26%	1.4	1.9	65.7%	43.52%
27%	1.4	1.9	65.7%	45.58%
28%	1.4	1.9	65.7%	47.67%
29%	1.4	1.9	65.7%	49.78%
30%	1.4	1.9	65.7%	51.93%
.
.
.
91%	1.4	1.9	65.7%	261.25%
92%	1.4	1.9	65.7%	266.41%
93%	1.4	1.9	65.7%	271.64%
94%	1.4	1.9	65.7%	276.95%
95%	1.4	1.9	65.7%	282.33%
96%	1.4	1.9	65.7%	287.79%
97%	1.4	1.9	65.7%	293.32%
98%	1.4	1.9	65.7%	298.94%
99%	1.4	1.9	65.7%	304.63%
100%	1.4	1.9	65.7%	310.41%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1.8, \theta_H = 2.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1.8	2.3	65.7%	0.81%
2%	1.8	2.3	65.7%	2.25%
3%	1.8	2.3	65.7%	3.72%
4%	1.8	2.3	65.7%	5.20%
5%	1.8	2.3	65.7%	6.71%
6%	1.8	2.3	65.7%	8.24%
7%	1.8	2.3	65.7%	9.79%
8%	1.8	2.3	65.7%	11.36%
9%	1.8	2.3	65.7%	12.96%
10%	1.8	2.3	65.7%	14.57%
11%	1.8	2.3	65.7%	16.21%
12%	1.8	2.3	65.7%	17.88%
13%	1.8	2.3	65.7%	19.57%
14%	1.8	2.3	65.7%	21.28%
15%	1.8	2.3	65.7%	23.01%
16%	1.8	2.3	65.7%	24.77%
17%	1.8	2.3	65.7%	26.56%
18%	1.8	2.3	65.7%	28.37%
19%	1.8	2.3	65.7%	30.21%
20%	1.8	2.3	65.7%	32.07%
21%	1.8	2.3	65.7%	33.96%
22%	1.8	2.3	65.7%	35.88%
23%	1.8	2.3	65.7%	37.82%
24%	1.8	2.3	65.7%	39.79%
25%	1.8	2.3	65.7%	41.79%
26%	1.8	2.3	65.7%	43.82%
27%	1.8	2.3	65.7%	45.88%
28%	1.8	2.3	65.7%	47.97%
29%	1.8	2.3	65.7%	50.08%
30%	1.8	2.3	65.7%	52.23%
.
.
.
91%	1.8	2.3	65.7%	261.55%
92%	1.8	2.3	65.7%	266.71%
93%	1.8	2.3	65.7%	271.94%
94%	1.8	2.3	65.7%	277.25%
95%	1.8	2.3	65.7%	282.63%
96%	1.8	2.3	65.7%	288.09%
97%	1.8	2.3	65.7%	293.62%
98%	1.8	2.3	65.7%	299.24%
99%	1.8	2.3	65.7%	304.93%
100%	1.8	2.3	65.7%	310.71%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 2.2, \theta_H = 2.7$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	2.2	2.7	65.7%	0.94%
2%	2.2	2.7	65.7%	2.39%
3%	2.2	2.7	65.7%	3.85%
4%	2.2	2.7	65.7%	5.34%
5%	2.2	2.7	65.7%	6.85%
6%	2.2	2.7	65.7%	8.38%
7%	2.2	2.7	65.7%	9.93%
8%	2.2	2.7	65.7%	11.50%
9%	2.2	2.7	65.7%	13.09%
10%	2.2	2.7	65.7%	14.71%
11%	2.2	2.7	65.7%	16.35%
12%	2.2	2.7	65.7%	18.02%
13%	2.2	2.7	65.7%	19.70%
14%	2.2	2.7	65.7%	21.41%
15%	2.2	2.7	65.7%	23.15%
16%	2.2	2.7	65.7%	24.91%
17%	2.2	2.7	65.7%	26.70%
18%	2.2	2.7	65.7%	28.51%
19%	2.2	2.7	65.7%	30.35%
20%	2.2	2.7	65.7%	32.21%
21%	2.2	2.7	65.7%	34.10%
22%	2.2	2.7	65.7%	36.02%
23%	2.2	2.7	65.7%	37.96%
24%	2.2	2.7	65.7%	39.93%
25%	2.2	2.7	65.7%	41.93%
26%	2.2	2.7	65.7%	43.96%
27%	2.2	2.7	65.7%	46.02%
28%	2.2	2.7	65.7%	48.10%
29%	2.2	2.7	65.7%	50.22%
30%	2.2	2.7	65.7%	52.37%
.
.
.
91%	2.2	2.7	65.7%	261.69%
92%	2.2	2.7	65.7%	266.84%
93%	2.2	2.7	65.7%	272.08%
94%	2.2	2.7	65.7%	277.38%
95%	2.2	2.7	65.7%	282.76%
96%	2.2	2.7	65.7%	288.22%
97%	2.2	2.7	65.7%	293.76%
98%	2.2	2.7	65.7%	299.37%
99%	2.2	2.7	65.7%	305.07%
100%	2.2	2.7	65.7%	310.85%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 2.6, \theta_H = 3.1$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	2.6	3.1	65.7%	1.03%
2%	2.6	3.1	65.7%	2.47%
3%	2.6	3.1	65.7%	3.94%
4%	2.6	3.1	65.7%	5.42%
5%	2.6	3.1	65.7%	6.93%
6%	2.6	3.1	65.7%	8.46%
7%	2.6	3.1	65.7%	10.01%
8%	2.6	3.1	65.7%	11.58%
9%	2.6	3.1	65.7%	13.18%
10%	2.6	3.1	65.7%	14.79%
11%	2.6	3.1	65.7%	16.43%
12%	2.6	3.1	65.7%	18.10%
13%	2.6	3.1	65.7%	19.79%
14%	2.6	3.1	65.7%	21.50%
15%	2.6	3.1	65.7%	23.23%
16%	2.6	3.1	65.7%	25.00%
17%	2.6	3.1	65.7%	26.78%
18%	2.6	3.1	65.7%	28.59%
19%	2.6	3.1	65.7%	30.43%
20%	2.6	3.1	65.7%	32.29%
21%	2.6	3.1	65.7%	34.18%
22%	2.6	3.1	65.7%	36.10%
23%	2.6	3.1	65.7%	38.04%
24%	2.6	3.1	65.7%	40.02%
25%	2.6	3.1	65.7%	42.02%
26%	2.6	3.1	65.7%	44.04%
27%	2.6	3.1	65.7%	46.10%
28%	2.6	3.1	65.7%	48.19%
29%	2.6	3.1	65.7%	50.30%
30%	2.6	3.1	65.7%	52.45%
.
.
.
91%	2.6	3.1	65.7%	261.77%
92%	2.6	3.1	65.7%	266.93%
93%	2.6	3.1	65.7%	272.16%
94%	2.6	3.1	65.7%	277.47%
95%	2.6	3.1	65.7%	282.85%
96%	2.6	3.1	65.7%	288.31%
97%	2.6	3.1	65.7%	293.84%
98%	2.6	3.1	65.7%	299.46%
99%	2.6	3.1	65.7%	305.15%
100%	2.6	3.1	65.7%	310.93%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 3, \theta_H = 3.5$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	3	3.5	65.7%	1.08%
2%	3	3.5	65.7%	2.53%
3%	3	3.5	65.7%	3.99%
4%	3	3.5	65.7%	5.48%
5%	3	3.5	65.7%	6.99%
6%	3	3.5	65.7%	8.52%
7%	3	3.5	65.7%	10.07%
8%	3	3.5	65.7%	11.64%
9%	3	3.5	65.7%	13.23%
10%	3	3.5	65.7%	14.85%
11%	3	3.5	65.7%	16.49%
12%	3	3.5	65.7%	18.16%
13%	3	3.5	65.7%	19.84%
14%	3	3.5	65.7%	21.56%
15%	3	3.5	65.7%	23.29%
16%	3	3.5	65.7%	25.05%
17%	3	3.5	65.7%	26.84%
18%	3	3.5	65.7%	28.65%
19%	3	3.5	65.7%	30.49%
20%	3	3.5	65.7%	32.35%
21%	3	3.5	65.7%	34.24%
22%	3	3.5	65.7%	36.16%
23%	3	3.5	65.7%	38.10%
24%	3	3.5	65.7%	40.07%
25%	3	3.5	65.7%	42.07%
26%	3	3.5	65.7%	44.10%
27%	3	3.5	65.7%	46.16%
28%	3	3.5	65.7%	48.24%
29%	3	3.5	65.7%	50.36%
30%	3	3.5	65.7%	52.51%
.
.
.
91%	3	3.5	65.7%	261.83%
92%	3	3.5	65.7%	266.99%
93%	3	3.5	65.7%	272.22%
94%	3	3.5	65.7%	277.52%
95%	3	3.5	65.7%	282.91%
96%	3	3.5	65.7%	288.36%
97%	3	3.5	65.7%	293.90%
98%	3	3.5	65.7%	299.51%
99%	3	3.5	65.7%	305.21%
100%	3	3.5	65.7%	310.99%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1, \theta_H = 2$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1	2	49.0%	-6.69%
2%	1	2	49.0%	-5.23%
3%	1	2	49.0%	-3.74%
4%	1	2	49.0%	-2.23%
5%	1	2	49.0%	-0.71%
6%	1	2	49.0%	0.84%
7%	1	2	49.0%	2.41%
8%	1	2	49.0%	4.00%
9%	1	2	49.0%	5.62%
10%	1	2	49.0%	7.25%
11%	1	2	49.0%	8.91%
12%	1	2	49.0%	10.59%
13%	1	2	49.0%	12.30%
14%	1	2	49.0%	14.03%
15%	1	2	49.0%	15.78%
16%	1	2	49.0%	17.55%
17%	1	2	49.0%	19.36%
18%	1	2	49.0%	21.18%
19%	1	2	49.0%	23.03%
20%	1	2	49.0%	24.91%
21%	1	2	49.0%	26.82%
22%	1	2	49.0%	28.75%
23%	1	2	49.0%	30.70%
24%	1	2	49.0%	32.69%
25%	1	2	49.0%	34.70%
26%	1	2	49.0%	36.74%
27%	1	2	49.0%	38.81%
28%	1	2	49.0%	40.91%
29%	1	2	49.0%	43.04%
30%	1	2	49.0%	45.20%
.
.
.
91%	1	2	49.0%	254.93%
92%	1	2	49.0%	260.09%
93%	1	2	49.0%	265.32%
94%	1	2	49.0%	270.63%
95%	1	2	49.0%	276.02%
96%	1	2	49.0%	281.48%
97%	1	2	49.0%	287.02%
98%	1	2	49.0%	292.64%
99%	1	2	49.0%	298.34%
100%	1	2	49.0%	304.12%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1.4, \theta_H = 2.4$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1.4	2.4	49.0%	0.46%
2%	1.4	2.4	49.0%	1.90%
3%	1.4	2.4	49.0%	3.37%
4%	1.4	2.4	49.0%	4.85%
5%	1.4	2.4	49.0%	6.36%
6%	1.4	2.4	49.0%	7.89%
7%	1.4	2.4	49.0%	9.44%
8%	1.4	2.4	49.0%	11.01%
9%	1.4	2.4	49.0%	12.61%
10%	1.4	2.4	49.0%	14.22%
11%	1.4	2.4	49.0%	15.86%
12%	1.4	2.4	49.0%	17.53%
13%	1.4	2.4	49.0%	19.22%
14%	1.4	2.4	49.0%	20.93%
15%	1.4	2.4	49.0%	22.66%
16%	1.4	2.4	49.0%	24.42%
17%	1.4	2.4	49.0%	26.21%
18%	1.4	2.4	49.0%	28.02%
19%	1.4	2.4	49.0%	29.86%
20%	1.4	2.4	49.0%	31.72%
21%	1.4	2.4	49.0%	33.61%
22%	1.4	2.4	49.0%	35.53%
23%	1.4	2.4	49.0%	37.47%
24%	1.4	2.4	49.0%	39.45%
25%	1.4	2.4	49.0%	41.45%
26%	1.4	2.4	49.0%	43.47%
27%	1.4	2.4	49.0%	45.53%
28%	1.4	2.4	49.0%	47.62%
29%	1.4	2.4	49.0%	49.73%
30%	1.4	2.4	49.0%	51.88%
.
.
.
91%	1.4	2.4	49.0%	261.20%
92%	1.4	2.4	49.0%	266.36%
93%	1.4	2.4	49.0%	271.59%
94%	1.4	2.4	49.0%	276.90%
95%	1.4	2.4	49.0%	282.28%
96%	1.4	2.4	49.0%	287.74%
97%	1.4	2.4	49.0%	293.28%
98%	1.4	2.4	49.0%	298.89%
99%	1.4	2.4	49.0%	304.59%
100%	1.4	2.4	49.0%	310.36%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 1.8, \theta_H = 2.8$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	1.8	2.8	49.0%	0.80%
2%	1.8	2.8	49.0%	2.25%
3%	1.8	2.8	49.0%	3.71%
4%	1.8	2.8	49.0%	5.20%
5%	1.8	2.8	49.0%	6.71%
6%	1.8	2.8	49.0%	8.24%
7%	1.8	2.8	49.0%	9.79%
8%	1.8	2.8	49.0%	11.36%
9%	1.8	2.8	49.0%	12.95%
10%	1.8	2.8	49.0%	14.57%
11%	1.8	2.8	49.0%	16.21%
12%	1.8	2.8	49.0%	17.88%
13%	1.8	2.8	49.0%	19.56%
14%	1.8	2.8	49.0%	21.28%
15%	1.8	2.8	49.0%	23.01%
16%	1.8	2.8	49.0%	24.77%
17%	1.8	2.8	49.0%	26.56%
18%	1.8	2.8	49.0%	28.37%
19%	1.8	2.8	49.0%	30.21%
20%	1.8	2.8	49.0%	32.07%
21%	1.8	2.8	49.0%	33.96%
22%	1.8	2.8	49.0%	35.88%
23%	1.8	2.8	49.0%	37.82%
24%	1.8	2.8	49.0%	39.79%
25%	1.8	2.8	49.0%	41.79%
26%	1.8	2.8	49.0%	43.82%
27%	1.8	2.8	49.0%	45.88%
28%	1.8	2.8	49.0%	47.97%
29%	1.8	2.8	49.0%	50.08%
30%	1.8	2.8	49.0%	52.23%
.
.
.
91%	1.8	2.8	49.0%	261.55%
92%	1.8	2.8	49.0%	266.71%
93%	1.8	2.8	49.0%	271.94%
94%	1.8	2.8	49.0%	277.24%
95%	1.8	2.8	49.0%	282.63%
96%	1.8	2.8	49.0%	288.08%
97%	1.8	2.8	49.0%	293.62%
98%	1.8	2.8	49.0%	299.24%
99%	1.8	2.8	49.0%	304.93%
100%	1.8	2.8	49.0%	310.71%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 2.2, \theta_H = 3.2$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	2.2	3.2	49.0%	0.95%
2%	2.2	3.2	49.0%	2.40%
3%	2.2	3.2	49.0%	3.86%
4%	2.2	3.2	49.0%	5.35%
5%	2.2	3.2	49.0%	6.85%
6%	2.2	3.2	49.0%	8.38%
7%	2.2	3.2	49.0%	9.93%
8%	2.2	3.2	49.0%	11.50%
9%	2.2	3.2	49.0%	13.10%
10%	2.2	3.2	49.0%	14.72%
11%	2.2	3.2	49.0%	16.36%
12%	2.2	3.2	49.0%	18.02%
13%	2.2	3.2	49.0%	19.71%
14%	2.2	3.2	49.0%	21.42%
15%	2.2	3.2	49.0%	23.16%
16%	2.2	3.2	49.0%	24.92%
17%	2.2	3.2	49.0%	26.70%
18%	2.2	3.2	49.0%	28.52%
19%	2.2	3.2	49.0%	30.35%
20%	2.2	3.2	49.0%	32.22%
21%	2.2	3.2	49.0%	34.11%
22%	2.2	3.2	49.0%	36.02%
23%	2.2	3.2	49.0%	37.97%
24%	2.2	3.2	49.0%	39.94%
25%	2.2	3.2	49.0%	41.94%
26%	2.2	3.2	49.0%	43.97%
27%	2.2	3.2	49.0%	46.02%
28%	2.2	3.2	49.0%	48.11%
29%	2.2	3.2	49.0%	50.23%
30%	2.2	3.2	49.0%	52.37%
.
.
.
91%	2.2	3.2	49.0%	261.69%
92%	2.2	3.2	49.0%	266.85%
93%	2.2	3.2	49.0%	272.08%
94%	2.2	3.2	49.0%	277.39%
95%	2.2	3.2	49.0%	282.77%
96%	2.2	3.2	49.0%	288.23%
97%	2.2	3.2	49.0%	293.77%
98%	2.2	3.2	49.0%	299.38%
99%	2.2	3.2	49.0%	305.08%
100%	2.2	3.2	49.0%	310.85%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 2.6, \theta_H = 3.6$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	2.6	3.6	49.0%	1.04%
2%	2.6	3.6	49.0%	2.48%
3%	2.6	3.6	49.0%	3.95%
4%	2.6	3.6	49.0%	5.43%
5%	2.6	3.6	49.0%	6.94%
6%	2.6	3.6	49.0%	8.47%
7%	2.6	3.6	49.0%	10.02%
8%	2.6	3.6	49.0%	11.59%
9%	2.6	3.6	49.0%	13.18%
10%	2.6	3.6	49.0%	14.80%
11%	2.6	3.6	49.0%	16.44%
12%	2.6	3.6	49.0%	18.11%
13%	2.6	3.6	49.0%	19.79%
14%	2.6	3.6	49.0%	21.51%
15%	2.6	3.6	49.0%	23.24%
16%	2.6	3.6	49.0%	25.00%
17%	2.6	3.6	49.0%	26.79%
18%	2.6	3.6	49.0%	28.60%
19%	2.6	3.6	49.0%	30.44%
20%	2.6	3.6	49.0%	32.30%
21%	2.6	3.6	49.0%	34.19%
22%	2.6	3.6	49.0%	36.11%
23%	2.6	3.6	49.0%	38.05%
24%	2.6	3.6	49.0%	40.02%
25%	2.6	3.6	49.0%	42.02%
26%	2.6	3.6	49.0%	44.05%
27%	2.6	3.6	49.0%	46.11%
28%	2.6	3.6	49.0%	48.20%
29%	2.6	3.6	49.0%	50.31%
30%	2.6	3.6	49.0%	52.46%
.
.
.
91%	2.6	3.6	49.0%	261.78%
92%	2.6	3.6	49.0%	266.94%
93%	2.6	3.6	49.0%	272.17%
94%	2.6	3.6	49.0%	277.47%
95%	2.6	3.6	49.0%	282.86%
96%	2.6	3.6	49.0%	288.31%
97%	2.6	3.6	49.0%	293.85%
98%	2.6	3.6	49.0%	299.47%
99%	2.6	3.6	49.0%	305.16%
100%	2.6	3.6	49.0%	310.94%

Tabel Simulasi Parameter σ untuk $\theta_L = 3, \theta_H = 4$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
1%	3	4	49.0%	1.09%
2%	3	4	49.0%	2.54%
3%	3	4	49.0%	4.00%
4%	3	4	49.0%	5.49%
5%	3	4	49.0%	7.00%
6%	3	4	49.0%	8.52%
7%	3	4	49.0%	10.07%
8%	3	4	49.0%	11.65%
9%	3	4	49.0%	13.24%
10%	3	4	49.0%	14.86%
11%	3	4	49.0%	16.50%
12%	3	4	49.0%	18.16%
13%	3	4	49.0%	19.85%
14%	3	4	49.0%	21.56%
15%	3	4	49.0%	23.30%
16%	3	4	49.0%	25.06%
17%	3	4	49.0%	26.85%
18%	3	4	49.0%	28.66%
19%	3	4	49.0%	30.49%
20%	3	4	49.0%	32.36%
21%	3	4	49.0%	34.25%
22%	3	4	49.0%	36.16%
23%	3	4	49.0%	38.11%
24%	3	4	49.0%	40.08%
25%	3	4	49.0%	42.08%
26%	3	4	49.0%	44.11%
27%	3	4	49.0%	46.17%
28%	3	4	49.0%	48.25%
29%	3	4	49.0%	50.37%
30%	3	4	49.0%	52.51%
.
.
.
91%	3	4	49.0%	261.84%
92%	3	4	49.0%	266.99%
93%	3	4	49.0%	272.22%
94%	3	4	49.0%	277.53%
95%	3	4	49.0%	282.91%
96%	3	4	49.0%	288.37%
97%	3	4	49.0%	293.91%
98%	3	4	49.0%	299.52%
99%	3	4	49.0%	305.22%
100%	3	4	49.0%	310.99%

LAMPIRAN C Simulasi Parameter θ

Tabel Simulasi Parameter θ untuk $\Delta\theta = 0.3$

σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1	1.3	75.9%	29.35%
20%	1.05	1.35	76.8%	29.65%
20%	1.1	1.4	77.6%	29.90%
20%	1.15	1.45	78.3%	30.13%
20%	1.2	1.5	79.0%	30.32%
20%	1.25	1.55	79.6%	30.49%
20%	1.3	1.6	80.3%	30.65%
20%	1.35	1.65	80.8%	30.78%
20%	1.4	1.7	81.4%	30.90%
20%	1.45	1.75	81.9%	31.01%
20%	1.5	1.8	82.3%	31.11%
20%	1.55	1.85	82.8%	31.20%
20%	1.6	1.9	83.2%	31.28%
20%	1.65	1.95	83.6%	31.35%
20%	1.7	2	84.0%	31.42%
20%	1.75	2.05	84.4%	31.48%
20%	1.8	2.1	84.7%	31.54%
20%	1.85	2.15	85.0%	31.59%
20%	1.9	2.2	85.4%	31.64%
20%	1.95	2.25	85.7%	31.68%
20%	2	2.3	86.0%	31.73%
20%	2.05	2.35	86.2%	31.76%
20%	2.1	2.4	86.5%	31.80%
20%	2.15	2.45	86.8%	31.83%
20%	2.2	2.5	87.0%	31.86%
20%	2.25	2.55	87.2%	31.89%
20%	2.3	2.6	87.5%	31.92%
20%	2.35	2.65	87.7%	31.95%
20%	2.4	2.7	87.9%	31.97%
20%	2.45	2.75	88.1%	31.99%
20%	2.5	2.8	88.3%	32.02%
20%	2.55	2.85	88.5%	32.04%
20%	2.6	2.9	88.7%	32.06%
20%	2.65	2.95	88.8%	32.07%
20%	2.7	3	89.0%	32.09%
20%	2.75	3.05	89.2%	32.11%
20%	2.8	3.1	89.3%	32.12%
20%	2.85	3.15	89.5%	32.14%
20%	2.9	3.2	89.6%	32.15%
20%	2.95	3.25	89.8%	32.17%
20%	3	3.3	89.9%	32.18%

Tabel Simulasi Parameter θ untuk $\Delta\theta = 0.3$

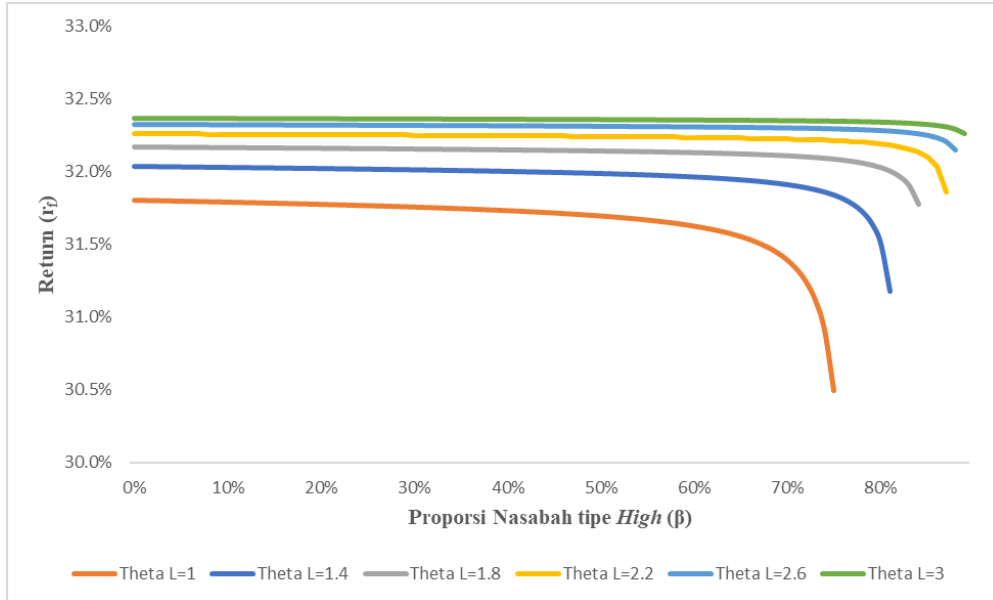
σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1	1.5	65.7%	27.59%
20%	1.05	1.55	66.7%	28.04%
20%	1.1	1.6	67.8%	28.43%
20%	1.15	1.65	68.7%	28.77%
20%	1.2	1.7	69.6%	29.07%
20%	1.25	1.75	70.4%	29.34%
20%	1.3	1.8	71.2%	29.58%
20%	1.35	1.85	72.0%	29.79%
20%	1.4	1.9	72.7%	29.98%
20%	1.45	1.95	73.4%	30.16%
20%	1.5	2	74.0%	30.31%
20%	1.55	2.05	74.6%	30.45%
20%	1.6	2.1	75.2%	30.58%
20%	1.65	2.15	75.7%	30.70%
20%	1.7	2.2	76.3%	30.81%
20%	1.75	2.25	76.8%	30.90%
20%	1.8	2.3	77.3%	30.99%
20%	1.85	2.35	77.7%	31.08%
20%	1.9	2.4	78.2%	31.15%
20%	1.95	2.45	78.6%	31.23%
20%	2	2.5	79.0%	31.29%
20%	2.05	2.55	79.4%	31.35%
20%	2.1	2.6	79.8%	31.41%
20%	2.15	2.65	80.1%	31.46%
20%	2.2	2.7	80.5%	31.51%
20%	2.25	2.75	80.8%	31.56%
20%	2.3	2.8	81.1%	31.60%
20%	2.35	2.85	81.5%	31.64%
20%	2.4	2.9	81.8%	31.68%
20%	2.45	2.95	82.1%	31.72%
20%	2.5	3	82.3%	31.75%
20%	2.55	3.05	82.6%	31.78%
20%	2.6	3.1	82.9%	31.81%
20%	2.65	3.15	83.1%	31.84%
20%	2.7	3.2	83.4%	31.87%
20%	2.75	3.25	83.6%	31.89%
20%	2.8	3.3	83.8%	31.92%
20%	2.85	3.35	84.1%	31.94%
20%	2.9	3.4	84.3%	31.96%
20%	2.95	3.45	84.5%	31.98%
20%	3	3.5	84.7%	32.00%

Tabel Simulasi Parameter θ untuk $\Delta\theta = 0.3$

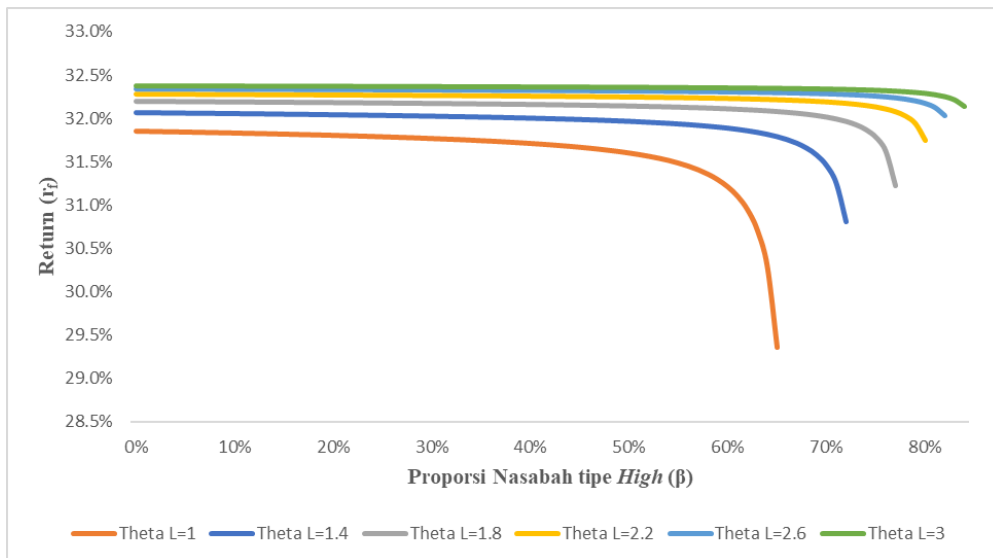
σ	θ_L	θ_H	β	r_f
20%	1	2	49.0%	24.91%
20%	1.05	2.05	50.2%	25.48%
20%	1.1	2.1	51.4%	25.98%
20%	1.15	2.15	52.5%	26.44%
20%	1.2	2.2	53.5%	26.85%
20%	1.25	2.25	54.6%	27.23%
20%	1.3	2.3	55.5%	27.57%
20%	1.35	2.35	56.4%	27.88%
20%	1.4	2.4	57.3%	28.16%
20%	1.45	2.45	58.2%	28.42%
20%	1.5	2.5	59.0%	28.66%
20%	1.55	2.55	59.8%	28.88%
20%	1.6	2.6	60.5%	29.08%
20%	1.65	2.65	61.3%	29.27%
20%	1.7	2.7	62.0%	29.44%
20%	1.75	2.75	62.6%	29.60%
20%	1.8	2.8	63.3%	29.75%
20%	1.85	2.85	63.9%	29.89%
20%	1.9	2.9	64.5%	30.02%
20%	1.95	2.95	65.1%	30.14%
20%	2	3	65.7%	30.26%
20%	2.05	3.05	66.2%	30.36%
20%	2.1	3.1	66.7%	30.46%
20%	2.15	3.15	67.3%	30.55%
20%	2.2	3.2	67.8%	30.64%
20%	2.25	3.25	68.2%	30.72%
20%	2.3	3.3	68.7%	30.80%
20%	2.35	3.35	69.1%	30.87%
20%	2.4	3.4	69.6%	30.94%
20%	2.45	3.45	70.0%	31.00%
20%	2.5	3.5	70.4%	31.06%
20%	2.55	3.55	70.8%	31.12%
20%	2.6	3.6	71.2%	31.18%
20%	2.65	3.65	71.6%	31.23%
20%	2.7	3.7	72.0%	31.28%
20%	2.75	3.75	72.3%	31.32%
20%	2.8	3.8	72.7%	31.37%
20%	2.85	3.85	73.0%	31.41%
20%	2.9	3.9	73.4%	31.45%
20%	2.95	3.95	73.7%	31.49%
20%	3	4	74.0%	31.53%

LAMPIRAN D Grafik Penelitian Simulasi Parameter β

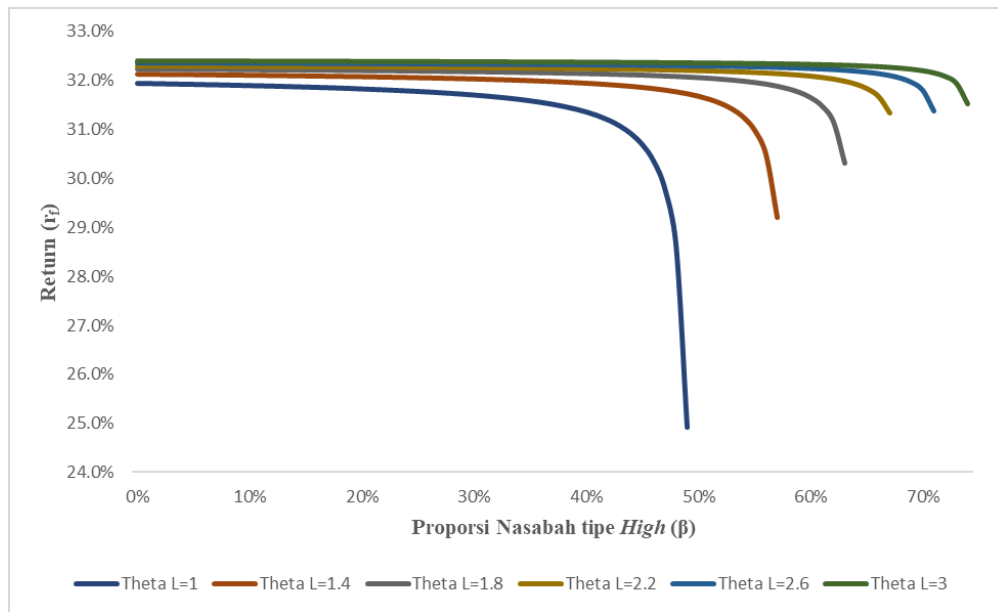
Grafik Simulasi Parameter β dengan $\Delta\theta = 0.3$



Simulasi Parameter β dengan $\Delta\theta = 0.5$

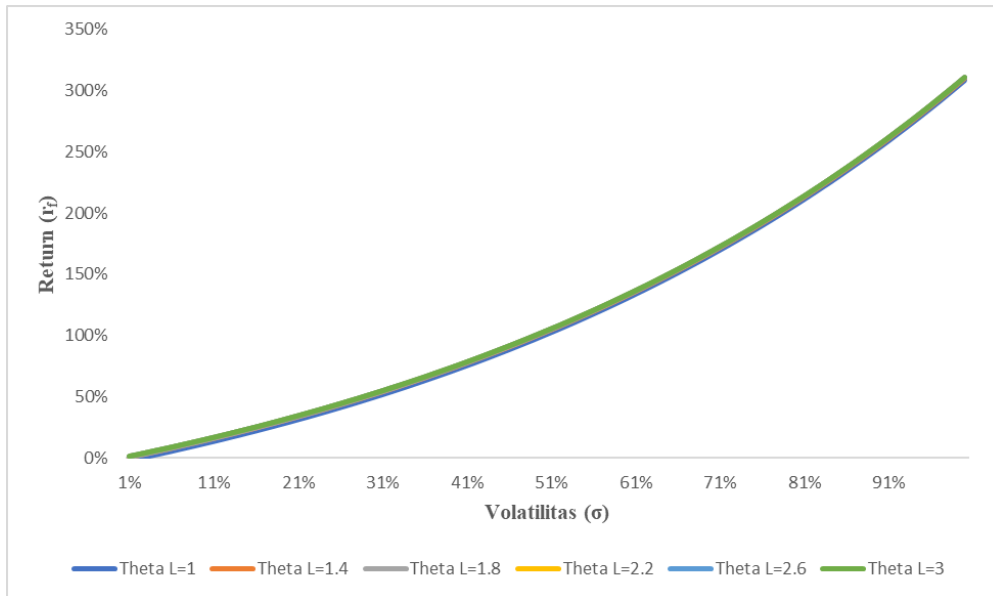


Simulasi Parameter β dengan $\Delta\theta = 1$

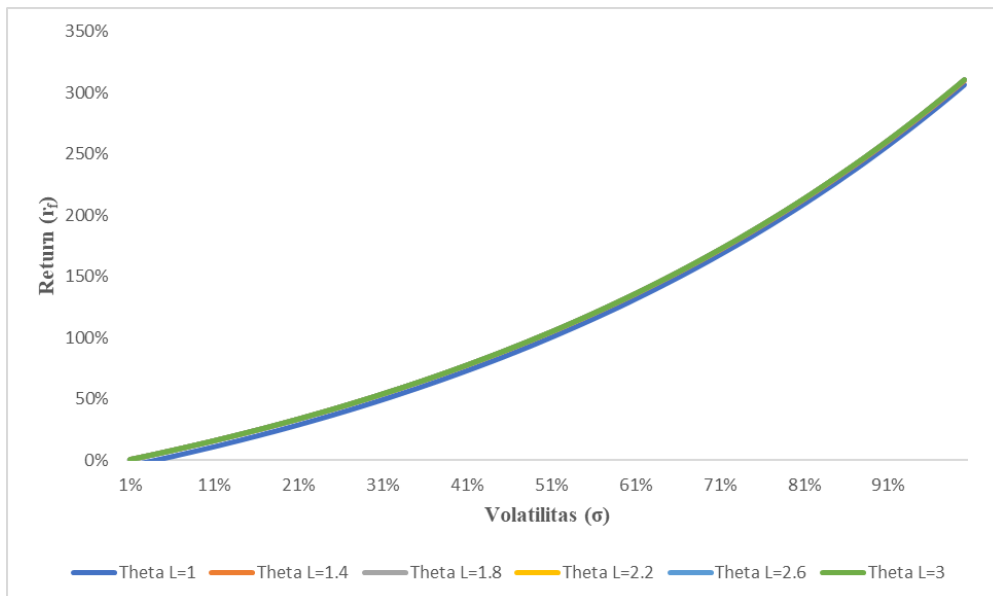


LAMPIRAN E Grafik Penelitian Simulasi Parameter σ

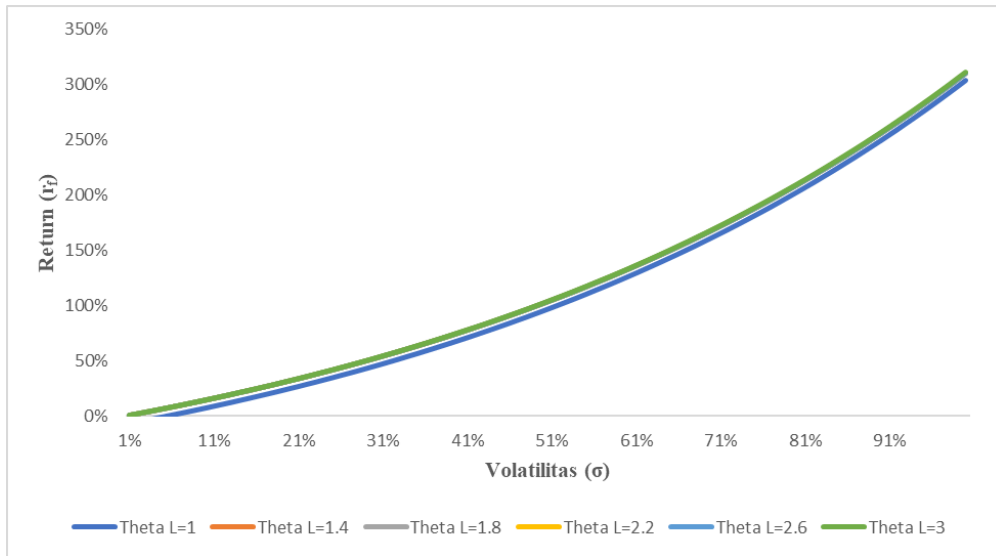
Simulasi Parameter σ dengan $\Delta\theta = 0.3$



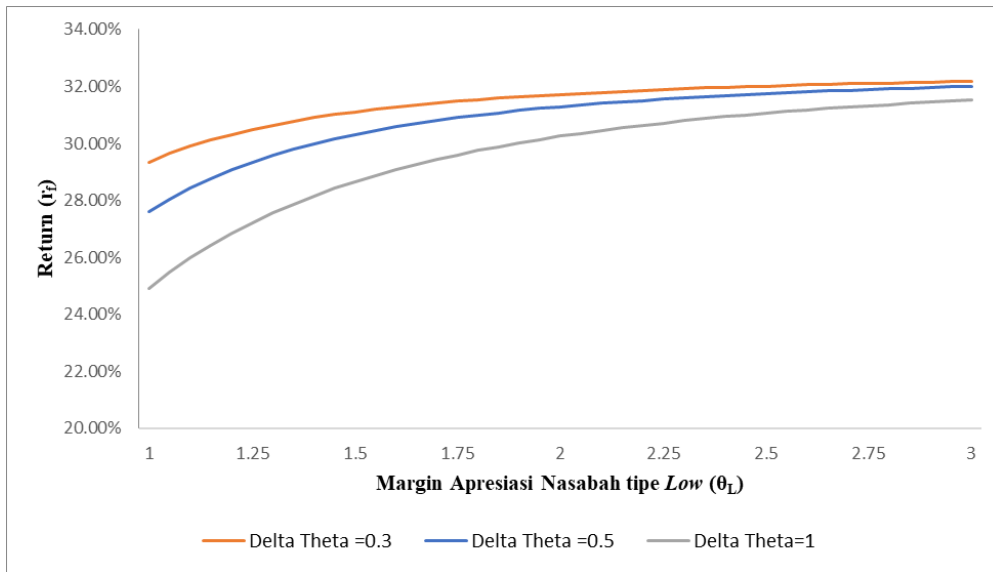
Simulasi Parameter σ dengan $\Delta\theta = 0.5$



Simulasi Parameter σ dengan $\Delta\theta = 1$



LAMPIRAN F Grafik Penelitian Simulasi Parameter θ



LAMPIRAN G Formula *Payoff* dari Opsi menggunakan Prinsip No Arbitrage

$$\begin{aligned}\frac{f_u - f_d}{S_0(u - d)} S_0 - f &= \left(S_0 u \left(\frac{f_u - f_d}{S_0(u - d)} \right) - f_u \right) e^{-rT} \\ f &= \frac{f_u - f_d}{(u - d)} - \left(u \left(\frac{f_u - f_d}{S_0(u - d)} \right) - f_u \right) e^{-rT} \\ f &= e^{-rT} \left(\frac{f_u - f_d}{(u - d)} e^{rT} - \frac{f_u - f_d}{(u - d)} u + \frac{u - d}{u - d} f_u \right) \\ f &= e^{-rT} \left(\left(\frac{e^{rT} - d}{(u - d)} \right) f_u + \left(1 - \frac{e^{rT} - d}{(u - d)} \right) f_d \right) \\ f &= e^{-rT} (p f_u + (1 - p) f_d)\end{aligned}$$

LAMPIRAN H Formula *Payoff* dari Opsi untuk Metode Binomial 2 Langkah

$$f = e^{-\frac{rT}{2}}(pf_u + (1-p)f_d)$$
$$f = e^{-\frac{rT}{2}} \left(pe^{-\frac{rT}{2}}(pf_{uu} + (1-p)f_{ud}) + (1-p)e^{-\frac{rT}{2}}(pf_{ud} + (1-p)f_{dd}) \right)$$
$$f = e^{-rT}(p^2f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud} + (1-p)^2f_{dd})$$

LAMPIRAN I Formula Rasio Perubahan Harga dengan Volatilitas

$$\begin{aligned}
 E(X^2) - [E(X)]^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 p(u-1)^2 + (1-p)(d-1)^2 - [p(u-1) + (1-p)(d-1)]^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 (p-p^2)(u-1)^2 + (p-p^2)(d-1)^2 - (p-p^2)[2(u-1)(d-1)] &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(\left(\frac{e^{r\Delta t} - d}{(u-d)} \right) - \left(\frac{e^{r\Delta t} - d}{(u-d)} \right)^2 \right) (u-d)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 (e^{r\Delta t} - d)(u-d) - (e^{r\Delta t} - d)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 ue^{r\Delta t} - de^{r\Delta t} - ud + d^2 - e^{2r\Delta t} + 2de^{r\Delta t} - d^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 (u+d)e^{r\Delta t} - ud - e^{2r\Delta t} &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(u + \frac{1}{u} \right) e^{r\Delta t} - 1 - e^{2r\Delta t} &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(u + \frac{1}{u} \right) &= (\sigma^2 \Delta t + e^{2r\Delta t} + 1)e^{-r\Delta t} \\
 u^2 - (\sigma^2 \Delta t e^{-r\Delta t} + e^{r\Delta t} + e^{-r\Delta t})u + 1 &= 0. \\
 u^2 - (\sigma^2 \Delta t(1-r\Delta t) + 1 + r\Delta t + 1 - r\Delta t)u + 1 &= 0 \\
 u^2 - (\sigma^2 \Delta t - r\sigma^2(\Delta t)^2 + 2)u + 1 &= 0. \\
 u^2 - (\sigma^2 \Delta t + 2)u + 1 &= 0 \\
 u_{1,2} &= \frac{\sigma^2 \Delta t + 2 \pm \sqrt{\sigma^2(\Delta t)^2 + 4\sigma^2 \Delta t + 4 - 4}}{2}. \\
 u_{1,2} &\approx \frac{\sigma^2 \Delta t}{2} + 1 \pm \sigma\sqrt{\Delta t} \\
 u_{1,2} &\approx 1 \pm \sigma\sqrt{\Delta t} \\
 u_{1,2} &\approx e^{\pm\sigma\sqrt{\Delta t}} \\
 u &= e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \\
 d &= e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN J Formula Peluang untuk Penyesuaian Parameter Binomial

$$p = \left(\frac{e^{r\Delta t} - d}{(u - d)} \right)$$
$$p = \left(\frac{e^{r\Delta t} - \left(\frac{P_0 - A}{P_0} \right)}{\left(\frac{P_0 + A}{P_0} \right) - \left(\frac{P_0 - A}{P_0} \right)} \right)$$
$$p = \left(\frac{P_0 e^{r\Delta t} - P_0 + A}{2A} \right)$$
$$p = \left(\frac{P_0(e^{r\Delta t} - 1) + A}{2A} \right)$$

LAMPIRAN K Momen Pertama dan Kedua Perubahan Harga Aset Kontrak

$$\begin{aligned}E(X) &= p(u - 1) + (1 - p)(d - 1) \\E(X) &= p \left(\left(\frac{P_0 + A}{P_0} \right) - 1 \right) + (1 - p) \left(\left(\frac{P_0 - A}{P_0} \right) - 1 \right) \\E(X) &= p \left(\frac{A}{P_0} \right) + (1 - p) \left(\frac{-A}{P_0} \right) \\E(X) &= (2p - 1) \left(\frac{A}{P_0} \right) \\E(X^2) &= p(u - 1)^2 + (1 - p)(d - 1)^2 \\E(X^2) &= p \left(\left(\frac{P_0 + A}{P_0} \right) - 1 \right)^2 + (1 - p) \left(\left(\frac{P_0 - A}{P_0} \right) - 1 \right)^2 \\E(X^2) &= p \left(\frac{A}{P_0} \right)^2 + (1 - p) \left(\frac{-A}{P_0} \right)^2 \\E(X^2) &= \left(\frac{A}{P_0} \right)^2\end{aligned}$$

LAMPIRAN L Rasio Perubahan Harga pada *Diminishing Musyarakah*

$$\begin{aligned}
 E(X^2) - [E(X)]^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(\frac{A}{P_0}\right)^2 - \left[(2p - 1)\left(\frac{A}{P_0}\right)\right]^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 (4p - 4p^2)\left(\frac{A}{P_0}\right)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 (p - p^2)\left(\frac{2A}{P_0}\right)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(\left(\frac{P_0(e^{r\Delta t} - 1) + A}{2A}\right) - \left(\frac{P_0(e^{r\Delta t} - 1) + A}{2A}\right)^2\right)\left(\frac{2A}{P_0}\right)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(\frac{A^2 - P_0^2(e^{r\Delta t} - 1)^2}{4A^2}\right)\left(\frac{4A^2}{P_0^2}\right) &= \sigma^2 \Delta t \\
 \left(\frac{A^2 - P_0^2(e^{r\Delta t} - 1)^2}{P_0^2}\right) &= \sigma^2 \Delta t \\
 \frac{A^2}{P_0^2} - (e^{r\Delta t} - 1)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 y^2 - (e^{r\Delta t} - 1)^2 &= \sigma^2 \Delta t \\
 y^2 - (e^{r\Delta t} - 1)^2 - \sigma^2 \Delta t &= 0 \\
 y^2 - (r\Delta t)^2 - \sigma^2 \Delta t &= 0 \\
 y^2 - \sigma^2 \Delta t &= 0 \\
 y_{1,2} &= \pm \sigma \sqrt{\Delta t} \\
 y &= \sigma \sqrt{\Delta t} \\
 \frac{A}{P_0} &= \sigma \sqrt{\Delta t} \\
 \frac{P_0 + A}{P_0} &= 1 + \sigma \sqrt{\Delta t} \\
 \frac{P_0 + A}{P_0} &\approx e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \\
 u &= e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \\
 \frac{P_0 - A}{P_0} &= 1 - \sigma \sqrt{\Delta t} \\
 \frac{P_0 - A}{P_0} &\approx e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} \\
 d &= e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN M Formula Harga Aset pada Waktu Kontrak Berakhir

$$\begin{aligned} P_T &= P_0 + \Delta P \\ E(P_T) &= P_0 + E(\Delta P) \\ E(P_T) &= P_0 + P_0 \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj, d(n-j)} \right\} \\ E(P_T) &= P_0 \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj, d(n-j)} \right\} \right] \end{aligned}$$

LAMPIRAN N Formula Ekspektasi Akumulasi Pembayaran Nasabah kepada Pemodal

$$\begin{aligned}K_{St} &= \left(1 - \frac{K_{S0}}{P_0}\right) P_t \\E(K_{St}) &= \left(1 - \frac{K_{S0}}{P_0}\right) E(P_t) \\E(K_{St}) &= \left(1 - \frac{K_{S0}}{P_0}\right) P_0 \left[1 + \left\{\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj, d(n-j)}\right\}\right] \\E(K_{St}) &= (P_0 - K_{S0}) \left[1 + \left\{\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj, d(n-j)}\right\}\right]\end{aligned}$$

LAMPIRAN O Formula Dasar Tingkat Imbal Hasil Nasabah (r_s) dan Pemodal (r_f)

$$r_s = \frac{u_s}{K_{S0}}$$

$$r_s = \frac{u_s}{K_{S0}} = \frac{X_T - c - E(K_{ST}) - K_{S0}}{K_{S0}}$$

$$r_s = \frac{X_T - c - (P_0 - K_{S0}) \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] - K_{S0}}{K_{S0}}$$

$$r_f = \frac{u_f}{(P_0 - K_{S0})}$$

$$r_f = \frac{u_f}{(P_0 - K_{S0})} = \frac{E(K_{ST}) - (P_0 - K_{S0})}{(P_0 - K_{S0})}$$

$$r_f = \frac{(P_0 - K_{S0}) \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] - (P_0 - K_{S0})}{(P_0 - K_{S0})}$$

$$r_f = \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\}$$

LAMPIRAN P Penurunan Formula Utilitas Nasabah Sebelum Diskriminasi Harga

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dc}(u_s) &= 0 \\
 \frac{d}{dc}(X_T - c - E(K_{ST}) - K_{S0}) &= 0 \\
 \frac{d}{dc}(-E(K_{ST})) &= 1 \\
 \frac{d}{dc} \left((P_0 - K_{S0}) \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] \right) &= -1 \\
 \frac{d}{dc} \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1 - p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} &= \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})} \\
 \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} \left(\frac{d}{dc} \{ p(c)^j \} (1 - p(c))^{n-j} + p(c)^j \frac{d}{dc} \{ (1 - p(c))^{n-j} \} \right) y^{uj,d(n-j)} &= \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})} \\
 \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (jp'(c)p(c)^{j-1}(1 - p(c))^{n-j} - (n - j)p'(c)p(c)^j(1 - p(c))^{n-j-1}) y^{uj,d(n-j)} & \\
 = \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})} & \\
 \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c))p'(c)p(c)^{j-1}(1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} &= \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})} \\
 p'(c) \left[\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c))p(c)^{j-1}(1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] &= \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})} \\
 e(c) = \left[\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c))p(c)^{j-1}(1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] & \\
 p'(c) = \frac{-1}{(P_0 - K_{S0})e(c)} &
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN Q Limit dari Formula $e(c)$ untuk $p(c)$ mendekati $\frac{1}{2}$

$$\begin{aligned}
 \lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} e(c) &= \lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} \binom{n}{1} \left(1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{n-2} (d^{(n-2)} - 1) + \dots \\
 &+ \binom{n}{n-1} \left(n - 1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{n-2} (u^{(n-2)} - 1) - n \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} (d^n - 1) \\
 &+ \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} (u^n - 1) \\
 &\quad 1 - \frac{n}{2} < 0, n \geq 3 \\
 &\quad d^{(n-2)} - 1 < 0 \\
 &\quad \binom{n}{1} \left(1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{n-2} (d^{(n-2)} - 1) > 0 \\
 &\quad n - 1 - \frac{n}{2} > 0 \\
 &\quad \binom{n}{n-1} \left(n - 1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{n-2} (u^{(n-2)} - 1) > 0 \\
 &\quad \lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} e(c) > 0
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN R Limit dari Formula $e(c)$ untuk $p(c)$ mendekati 1

$$\begin{aligned}
 \lim_{p(c) \rightarrow 1} e(c) &= \lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} \binom{n}{1} (1-n)(0)^{n-2} (d^{(n-2)} - 1) + \dots \\
 &+ \binom{n}{n-1} (n-1-n)(1)^{n-2} (u^{(n-2)} - 1) + -n(0)^{n-1} (d^n - 1) \\
 &+ n(1)^{n-1} (u^n - 1) \\
 \lim_{p(c) \rightarrow 1} e(c) &= \lim_{p(c) \rightarrow \frac{1}{2}} -(u^{(n-2)} - 1) + n(u^n - 1) \\
 &u^n - 1 > u^{(n-2)} - 1 \\
 \lim_{p(c) \rightarrow 1} e(c) &> 0
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN S Penurunan Formula Utilitas Nasabah Setelah Diskriminasi Harga

$$\begin{aligned} \frac{d}{dc}(u_s) &= 0 \\ \frac{d}{dc}(\theta E(P_T) - c - E(K_{ST}) - K_{S0}) &= 0 \\ \frac{d}{dc}(\theta E(P_T) - E(K_{ST})) &= 1 \\ \frac{d}{dc} \left((\theta P_0 - P_0 + K_{S0}) \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] \right) &= 1 \\ \frac{d}{dc} \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \\ \frac{d}{dc} \left(\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right) &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \\ \frac{d}{dc} \left(\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p(c)^j (1-p(c))^{n-j} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right) &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \\ \left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c)) p'(c) p(c)^{j-1} (1-p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \\ p'(c) \left[\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c)) p(c)^{j-1} (1-p(c))^{n-j-1} y^{uj,d(n-j)} \right\} \right] &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \\ p'(c) &= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0}) e(c)} \\ \theta &> 1 - \frac{K_{S0}}{P_0} \end{aligned}$$

LAMPIRAN T Formula e^{-c} Optimal

$$p'(c) \left[\left\{ \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} (j - np(c)) p(c)^{j-1} (1 - p(c))^{n-j-1} y^{uj, d(n-j)} \right\} = \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} \right.$$

$$e^{-c} \left[\left\{ \sum_{j=0}^2 \binom{2}{j} (j - 2(1 - e^{-c})) (1 - e^{-c})^{j-1} (e^{-c})^{2-j-1} y^{uj, d(2-j)} \right\} \right]$$

$$= \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})}$$

$$-2 \left(e^{-c} (e^{-\sigma\sqrt{\Delta T}} - e^{\sigma\sqrt{\Delta T}}) \right) \left(e^{-c} (e^{-\sigma\sqrt{\Delta T}} - e^{\sigma\sqrt{\Delta T}}) + e^{\sigma\sqrt{\Delta T}} \right) = \frac{1}{(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})}$$

Misal $\sigma\sqrt{\Delta T} = a$ dan $e^{-c} = x$

$$(x(e^{-a} - e^a))(x(e^{-a} - e^a) + e^a) = \frac{-1}{2(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})}$$

$$x = \frac{-2 + 2e^{2a} \pm \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}}}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})}$$

$$e^{-c} = \frac{-2 + 2e^{2a} \pm \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}}}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})}$$

LAMPIRAN U Formula $p(c)$, c , dan $E[P_t(c)]$

$$e^{-c} = \frac{-2 + 2e^{2a} - \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}}}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})}$$

$$1 - e^{-c} = 1 - \frac{-2 + 2e^{2a} - \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}}}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})}$$

$$p(c) = 1 + \frac{e^{2a}(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}\right)})}{2(-1 + e^{2a})^2}$$

$$c = -\ln \left(\frac{e^{2a} \left(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}\right)}\right)}{2(-1 + e^{2a})^2} \right)$$

$$E[P_t(c)] = P_0 \left[1 + \left\{ \sum_{j=0}^2 \binom{n}{j} (1 - e^{-c})^{j-1} (e^{-c})^{2-j-1} y^{u_{j,d}(2-j)} \right\} \right]$$

$$E[P_t(c)] = \left(e^a \left(\frac{e^{2a} \left(1 - e^{2a} + \sqrt{(-1 + e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{\theta P_0 - P_0 + K_{S0}}\right)}\right)}{2(-1 + e^{2a})^2} (e^{-a} - e^a) + e^a \right) \right. \\ \left. - \frac{1}{2(\theta P_0 - P_0 + K_{S0})} P_0 \right)$$

$$E[P_t(c)] = P_0 \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{S0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta_H))}{K_{S0} + P_0(-1 + \theta_H)}} \right) \right. \\ \left. - \frac{1}{2(K_{S0} + P_0(-1 + \theta_H))} \right)$$

LAMPIRAN V Optimalisasi Modal Awal Nasabah tipe *Low* (K_{L0})

$$\begin{aligned}
 & \max_{K_{L0}} u_s \rightarrow \frac{\partial}{\partial K_{L0}} u_s = 0 \\
 & \left(\frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-1+\beta)}{(K_{L0}+P_0(-1+\theta_L))^2} \left(\frac{1}{\left(1-e^{2a} + \sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)} \right)} \right)} \right) \right. \\
 & \left(\frac{1}{\sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)} \right)}} \right) \\
 & + \frac{1}{2} P_0 \left(\beta \theta_H \left(-\frac{1}{(K_{L0}+P_0(-1+\theta_L))^2} \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{e^{2a}}{2(-1+e^{2a}) \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-2+e^{2a}K_{L0}+e^{2a}P_0(-1+\theta_L))}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)}}} \left(\frac{(-1+e^{2a})^2}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)} \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. \left. - \frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-2+e^{2a}K_{L0}+e^{2a}P_0(-1+\theta_L))}{(K_{L0}+P_0(-1+\theta_L))^2} \right) \right) + \frac{\theta_L}{(K_{L0}+P_0(-1+\theta_L))^2} \right. \\
 & \left. + \frac{e^{2a}\theta_L}{2(-1+e^{2a}) \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-2+e^{2a}K_{L0}+e^{2a}P_0(-1+\theta_L))}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)}}} \left(\frac{(-1+e^{2a})^2}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)} \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-2+e^{2a}K_{L0}+e^{2a}P_0(-1+\theta_L))}{(K_{L0}+P_0(-1+\theta_L))^2} \right) \right) = 0 \\
 & \frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2((-1+\beta)K_{L0}-P_0(-1+\beta+\beta\theta_H-\beta\theta_L))}{\left(1-e^{2a} + \sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)} \right)} \right)} \\
 & \left(\frac{1}{\sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{L0}+P_0(-1+\theta_L)} \right)}} \right) \left(\frac{1}{(K_{L0}+P_0(-1+\theta_L))^3} \right) = 0 \\
 & K_{L0} = \frac{-P_0 + \beta P_0 + \beta P_0 \theta_H - \beta P_0 \theta_L}{-1 + \beta}.
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN W Optimalisasi Modal Awal Nasabah tipe *High* (K_{H0})

$$\begin{aligned} \max_{K_{H0}} u_s \rightarrow \frac{\partial}{\partial K_{H0}} u_s = 0 \\ \left(\frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2\beta}{(K_{H0}+P_0(-1+\theta_H))^2} \right) \left(\frac{1}{\left(1-e^{2a} + \sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{H0}+P_0(-1+\theta_H)} \right)} \right)} \right) \\ \left(\frac{1}{\sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{H0}+P_0(-1+\theta_H)} \right)}} \right) + \frac{1}{2}\beta P_0\theta_H \\ \left(\frac{1}{\left(\frac{(K_{H0}+P_0(-1+\theta_H))^2}{e^{2a} \left(\frac{(-1+e^{2a})^2}{K_{H0}+P_0(-1+\theta_H)} - \frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-2+e^{2a}K_{H0}+e^{2a}P_0(-1+\theta_H))}{(K_{H0}+P_0(-1+\theta_H))^2} \right)} \right)} \right) = 0 \\ + \frac{1}{2(-1+e^{2a})\sqrt{\frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2(-2+e^{2a}K_{H0}+e^{2a}P_0(-1+\theta_H))}{K_{H0}+P_0(-1+\theta_H)}}} \\ \frac{e^{-2a}(-1+e^{2a})^2\beta(K_{H0}-P_0)}{(K_{H0}+P_0(-1+\theta_H))^3} \left(\frac{1}{\left(1-e^{2a} + \sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{H0}+P_0(-1+\theta_H)} \right)} \right)} \right) \\ \left(\frac{1}{\sqrt{(-1+e^{2a})^2 \left(1 - \frac{2e^{-2a}}{K_{H0}+P_0(-1+\theta_H)} \right)}} \right) = 0 \\ K_{H0} = P_0. \end{aligned}$$

LAMPIRAN X Formula Tingkat Imbal Hasil Pemodal Sebelum Optimalisasi K_{S_0}

$$r_f = \left\{ \sum_{j=0}^2 \binom{2}{j} (1 - e^{-c})^j (e^{-c})^{2-j} y^{uj,d(2-j)} \right\}$$

$$r_f = (e^{-c}(e^{-a} - e^a) + e^a)^2 - 1$$

$$r_f = P_0 \left(\frac{e^{2a}}{2(-1 + e^{2a})} \left(-1 + e^{2a} + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}K_{S_0} + e^{2a}P_0(-1 + \theta))}{K_{S_0} + P_0(-1 + \theta)}} \right) - \frac{1}{2(K_{S_0} + P_0(-1 + \theta))} \right) - 1.$$

LAMPIRAN Y Formula Tingkat Imbal Hasil Pemodal untuk Nasabah tipe *Low* (r_{fL})

$$r_{fL} = e^a \left(e^a + \frac{(e^{-a} - e^a)}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})} \left(-2 + 2e^{2a} \right. \right. \\ \left. \left. - \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{-P_0 + P_0\theta_L + \frac{P_0(-1 + \beta + \beta\theta_H - \beta\theta_L)}{-1 + \beta}}} \right) \right) \\ \left. - \frac{1}{2 \left(-P_0 + P_0\theta_L + \frac{P_0(-1 + \beta + \beta\theta_H - \beta\theta_L)}{-1 + \beta} \right)} - 1 \right)$$

$$r_{fL} = \frac{1}{2(-1 + e^{2a})P_0(-\beta\theta_H + \theta_L)} \left((-1 + e^{2a})(-1 + \beta) - P_0(\beta\theta_H \right. \\ \left. - \theta_L) \left(2 + e^{4a} + e^{2a} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(2 - 2\beta + e^{2a}P_0(\beta\theta_H - \theta_L))}{P_0(\beta\theta_H - \theta_L)}} \right) \right) \right)$$

$$r_{fL} = \frac{1}{2(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})P_0(-\beta\theta_H + \theta_L)} \left((-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})(-1 + \beta) - P_0(\beta\theta_H \right. \\ \left. - \theta_L) \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} \right. \right. \\ \left. \left. + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(2 - 2\beta + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0(\beta\theta_H - \theta_L))}{P_0(\beta\theta_H - \theta_L)}} \right) \right) \right)$$

LAMPIRAN Z Formula Tingkat Imbal Hasil Pemodal untuk Nasabah Tipe *High* (r_{fH})

$$r_{fH} = e^a \left(e^a + \frac{(e^{-a} - e^a) \left(-2 + 2e^{2a} - \sqrt{(-2 + 2e^{2a})^2 + \frac{4(4 - 2e^{-2a} - 2e^{2a})}{P_0\theta_H}} \right)}{4(-2 + e^{-2a} + e^{2a})} \right) - \frac{1}{2P_0\theta_H} - 1$$

$$r_{fH} = \frac{1 - e^{2a} + P_0\theta_H \left(2 + e^{4a} + e^{2a} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2a}(-1 + e^{2a})^2(-2 + e^{2a}P_0\theta_H)}{P_0\theta_H}} \right) \right)}{2(-1 + e^{2a})P_0\theta_H}$$

$$r_{fH} = \frac{1 - e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} + P_0\theta_H \left(2 + e^{4\sigma\sqrt{\Delta t}} + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}} \left(-3 + \sqrt{\frac{e^{-2\sigma\sqrt{\Delta t}}(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})^2(-2 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}}P_0\theta_H)}{P_0\theta_H}} \right) \right)}{2(-1 + e^{2\sigma\sqrt{\Delta t}})P_0\theta_H}$$

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Cilegon pada tanggal 2 November 2000, dan merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Mardi Yuana Cilegon (2004-2006), SD Mardi Yuana Cilegon (2006-2012), SMP Mardi Yuana Cilegon (2012-2015), dan SMAN 2 Krakatau Steel Cilegon (2015-2018). Setelah lulus dari SMA pada tahun 2018, penulis mengikuti SBMPTN, dan diterima di Departemen Aktuaria Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan terdaftar dengan nomor registrasi peserta (NRP) 06311840000021. Selama masa perkuliahan penulis aktif pada kegiatan akademik, dan non-akademik. Kegiatan akademik yang pernah penulis lakukan diantaranya melakukan publikasi jurnal tentang asuransi syariah dengan skema hybrid dan mudharabah modifikasi. Tak hanya itu penulis juga pernah mengikuti beberapa analisis data dan menjadi asisten dosen untuk mata kuliah Pengantar Ilmu Komputasi (2019), Matematika II (2020), dan Program Komputer (2020). Kegiatan non-akademik yang pernah dilakukan penulis, diantaranya mengikuti organisasi, Kerja Praktik, dan COOP. Organisasi yang pernah diikuti penulis diantaranya adalah Tim Pembina Kerohanian Buddha (TPKB) sebagai Staf Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (2019), dan Himpunan Mahasiswa Aktuaria ITS (HIMASAKTA ITS) sebagai Kepala Departemen Keilmiahan dan Keprofesian (2019-2020) dan Ketua Himpunan (2021). Penulis pernah melakukan KP di PT. Mass Rapid Trans (MRT) Jakarta pada Departemen *Accounting and Financial Control*, dan COOP di PT. Prudential Life Assurance Indonesia sebagai *Actuarial Apprentince* pada divisi *Channel Profitability Management*.

Adapun mengenai informasi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, dapat ditanyakan kepada penulis melalui email penulis, yaitu ivantanuwijaya777@gmail.com atau LinkedIn penulis, yaitu <https://www.linkedin.com/in/ivan-tanuwijaya>.

(“Halaman Sengaja Dikosongkan”)