

**PERHITUNGAN DANA PENSIUN-NORMAL
DENGAN METODE TUC (*TRADITIONAL UNIT
CREDIT*) DAN EAN (*ENTRY AGE NORMAL*) PADA
TINGKAT SUKU BUNGA VASICEK**

SKRIPSI

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



Oleh : ARDIANA HUZNI MARDIANA

NIM : 2108046051

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardiana Huzni Mardiana
NIM : 2108046051
Jurusan/Program Studi : Matematika/ Matematika Murni

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

PERHITUNGAN DANA PENSIUN-NORMAL DENGAN METODE TUC (*TRADITIONAL UNIT CREDIT*) DAN EAN (*ENTRY AGE NORMAL*) PADA TINGKAT SUKU BUNGA VASICEK

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

Semarang, 2 Juni 2025
Pembuat pernyataan,



Ardiana Huzni Mardiana
NIM : 2108046051



KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : **PERHITUNGAN DANA PENSIUN-NORMAL
DENGAN METODE TUC (*TRADITIONAL UNIT
CREDIT*) DAN EAN (*ENTRY AGE NORMAL*) PADA
TINGKAT SUKU BUNGA VASICEK**

Penulis : Ardiana Huzni Mardiana

NIM : 2108046051

Jurusan : Matematika

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

Semarang, 13 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Yulia Romadhastri, S.Si, M.Sc.

NIP : 198107152005012004

Penguji II,

Seftina Diyah Miasary, M.Sc.

NIP : 198709212019032010

Penguji III,

Nur Khasanah, M.Si.

NIP : 199111212019032017

Penguji IV,

Yolanda Norasia, M.Si.

NIP : 199409232019032011

Pembimbing,

Seftina Diyah Miasary, M.Sc.

NIP : 198709212019032010

NOTA DINAS

Semarang, 2 Juni 2025

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

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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

Judul : **PERHITUNGAN DANA PENSIUN-NORMAL
DENGAN METODE TUC (TRADITIONAL UNIT
CREDIT) DAN EAN (ENTRY AGE NORMAL) PADA
TINGKAT SUKU BUNGA VASICEK**

Nama : Ardiana Huzni Mardiana

NIM : 2108046051

Jurusan : Matematika

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

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dosen Pembimbing,



Seftina Diyah Miasary, M.Sc.

NIP : 19870921201932010

ABSTRAK

Dana pensiun menyelenggarakan program untuk memastikan kebutuhan finansial tercukupi di masa pensiun. Penelitian ini menghitung besar iuran normal dan kewajiban aktuarial dengan menggunakan metode TUC dan EAN pada model suku bunga vasicek. Metode TUC dan EAN dipilih karena pendekatan yang berbeda pada manfaatnya. Sedangkan model suku bunga vasicek dipilih karena mampu memperhitungkan fluktuasi suku bunga seiring waktu, sehingga akan memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat. Penelitian ini akan mempertimbangkan metode yang lebih menguntungkan bagi peserta program pensiun antara kedua metode dalam kasus yang sama. Tahapan perhitungan dilakukan dengan; studi literatur, pengumpulan data, mensimulasikan suku bunga ke model vasicek, menghitung faktor diskonto suku bunga vasicek, menghitung akumulasi besar manfaat pensiun masing-masing metode, menghitung iuran normal masing-masing metode pada tingkat suku bunga vasicek, menghitung kewajiban aktuarial masing-masing metode pada tingkat suku bunga vasicek, analisis dan interpretasi hasil. Hasil perhitungan menunjukkan, (1) Besar iuran normal pada tingkat suku bunga vasicek dengan metode TUC lebih besar dan meningkat tiap tahun (Rp1.422.307 hingga Rp8.787.298), sedangkan metode EAN besar iurannya stabil tiap tahun (Rp3.089.398); (2) Besar kewajiban aktuarial pada tingkat suku bunga vasicek metode EAN lebih besar dan signifikan peningkatannya (Rp0 hingga Rp313.253.332) dibandingkan metode TUC (Rp0 hingga Rp307.555.430); (3) Hasil perhitungan iuran normal yang stabil dan kewajiban aktuarial yang besar pada tingkat suku bunga vasicek menunjukkan bahwa metode EAN lebih menguntungkan bagi peserta dibandingkan metode TUC.

Kata kunci: Perhitungan Aktuarial, Dana Pensiun Normal, Traditional Unit Credit, Entry Age Normal, Suku Bunga Vasicek.

KATA PENGANTAR

Assalammu”alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Perhitungan Dana Pensiun-Normal dengan Metode TUC (*Traditional Unit Credit*) dan EAN (*Entry Age Normal*) pada Tingkat Suku Bunga Vasicek”** dengan baik. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi sebagian syarat yang telah ditentukan untuk dapat memenuhi ujian Sarjana Matematika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak, sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam segala hal sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
2. Bapak Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

3. Ibu Any Muanalifah, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Prodi Matematika
4. Bapak Prihadi Kurniawan, M.Sc., selaku Sekretaris Jurusan Matematika
5. Ibu Seftina Diah Miasary, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan pengarahan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibunda tercinta, Ibu Omas Maesaroh yang selalu menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah penulis, atas doa-doa yang tak pernah putus, kasih sayangnya yang tulus dan pengorbanan yang tak terbalas dengan kata.
7. Bapak tercinta, Bapak Andang Hadi Sofyan yang selalu memberikan doa yang tak pernah kau ucapkan namun selalu penulis rasakan. Terima kasih atas dukungan dan cintamu yang mungkin tak selalu tampak tapi begitu nyata dalam tindakan dan pengorbanan secara moril maupun materi.
8. Kakakku tercinta A Hadi, A Irman, Teh Any, A Agung, Teh Rani dan kakak iparku Teh Nenden, Teh Azizah, A Mizan, serta kembaranku Diani atas dukungan, semangat, candaan yang menyenangkan dan doa, serta selalu mengingatkan penulis untuk mengerjakan skripsi.

9. Serta seluruh teman-teman Matematika 2021 yang berjuang bersama dan memberikan dukungan dan semangat satu sama lain.

Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan bagi mahasiswa/mahasiswi Prodi Matematika FST Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mohon maaf dan terima kasih.

Semarang, 2 Juni 2025

Penulis,

Ardiana Huzni Mardiana
NIM : 2108046051

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN PUSTAKA.....	9
A. Dana Pensiun	9
B. Pensiun Normal	10
C. Tabel Mortalita	11
D. Fungsi Dasar Aktuaria.....	13
E. Nilai Sekarang Manfaat Pensiun	16
F. Metode <i>Traditional Unit Credit</i> (TUC)	18

G.	Metode <i>Entry Age Normal</i> (EAN).....	19
H.	Iuran Normal.....	20
I.	Kewajiban Aktuaria	24
J.	Suku Bunga Model Vasicek.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		31
A.	Tahapan Penelitian	31
B.	Diagram Alur Metode Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
A.	Deskripsi Data	36
B.	Perhitungan Dana Pensiun Normal	37
C.	Analisis dan Interpretasi Hasil	60
BAB V PENUTUP		66
A.	Kesimpulan	66
B.	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN.....		72

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4. 1	BI Rate 2014-2024	38
Tabel 4. 2	Hasil Estimasi Parameter Suku Bunga Vasicek	40
Tabel 4. 3	Simulasi Suku Bunga Model Vasicek	40
Tabel 4. 4	Faktor Diskonto Tingkat Suku Bunga Vasicek pada tahun ke-t	42
Tabel 4. 5	Akumulasi Manfaat Pensiun Pada Metode TUC	46
Tabel 4. 6	Iuran Normal Metode TUC Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek	50
Tabel 4. 7	Iuran Normal Metode EAN Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek	53
Tabel 4. 8	Kewajiban Aktuaria Metode TUC Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek	56
Tabel 4. 9	Kewajiban Aktuaria Metode EAN Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 3. 1	Diagram Alur Penelitian	35
Gambar 4. 1	Grafik Hasil Simulasi Tingkat Suku Bunga Vasicek	41
Gambar 4. 2	Grafik Besar Iuran Normal dengan metode TUC dan EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek	61
Gambar 4. 3	Grafik Besar Kewajiban Aktuaria dengan metode TUC dan EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Tabel Data Gaji PNS 72
Lampiran 2	Tabel Mortalitas Indonesia 2019 74
Lampiran 3	Tabel BI Rate Tahun 2014-2024 78
Lampiran 4	Tabel Perhitungan R_x 79
Lampiran 5	Tabel Perhitungan R_{xx} 80
Lampiran 6	Tabel Perhitungan R_y 81
Lampiran 7	Tabel Perhitungan R_{yy} 82
Lampiran 8	Tabel Perhitungan R_{xy} 83
Lampiran 9	Script R Studio untuk menghitung simulasi tingkat suku bunga vasicek 84
Lampiran 10	Tabel Perhitungan Faktor Diskonto Tingkat Suku Bunga Vasicek pada Tahun ke-t 86
Lampiran 11	Tabel Perhitungan anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r tahun ($\ddot{a}_r$) 88
Lampiran 12	Tabel Perhitungan Iuran Normal Metode TUC pada Tingkat Suku Bunga Vasicek 90
Lampiran 13	Tabel Perhitungan $\ddot{a}_{\overline{e:r}-\overline{e} }$ pada Iuran Normal Metode EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek 92
Lampiran 14	Tabel Perhitungan Kewajiban Aktuaria Metode TUC pada Tingkat Suku Bunga Vasicek 94
Lampiran 15	Tabel Perhitungan Kewajiban Aktuaria Metode EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek 96

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pensiun merupakan masa dimana seorang karyawan atau pegawai tidak lagi bekerja karena memasuki usia tertentu atau karena alasan lain (Rahmalita dkk., 2020). Ikut serta dalam program pensiun merupakan salah satu strategi untuk memastikan kebutuhan finansial tercukupi ketika memasuki usia pensiun. Program pensiun ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan para pekerja setelah mereka pensiun (Rivanda, 2019). Di Indonesia, dana pensiun adalah badan hukum yang mengelola program pensiun (Yuda dkk., 2018). Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan dana pensiun sangat penting untuk menjamin kesejahteraan finansial pekerja di masa pensiun.

Dana pensiun yang dapat memberikan kesejahteraan di masa tua adalah impian bagi setiap individu, terutama bagi para pekerja yang bekerja di perusahaan atau lembaga pemerintah. Berdasarkan UU RI Nomor 11 tahun 1992, dana pensiun adalah badan hukum yang memiliki tanggung jawab untuk menyelenggarakan program yang memberikan manfaat kepada pesertanya setelah mereka pensiun. Menurut Wulandari (2018), institusi pemerintah, bank, pemberi kerja,

dan perusahaan asuransi jiwa dapat bertanggung jawab untuk menyediakan dana pensiun. Sehingga, perhitungan dana pensiun harus dilakukan secara cermat dan akurat untuk menjamin pelaksanaan program agar tidak kekurangan dana persediaan pensiun dan tidak merugikan pesertanya.

Berdasarkan UU RI No. 11 Tahun 1992 yang membahas program dana pensiun menjelaskan, pegawai harus mencukupi syarat tertentu untuk menjadi peserta, seperti minimal usia 18 tahun atau telah menikah dan telah bekerja selama minimal satu tahun. Biaya program dana pensiun ini umumnya ditanggung bersama oleh perusahaan dan pegawai melalui pemotongan gaji pegawai secara langsung selama bekerja sehingga memungkinkan terkumpulnya akumulasi dana yang signifikan untuk pembayaran manfaat pensiun. Menurut peraturan dana pensiun, manfaat pensiun dibayarkan setelah peserta mencapai usia pensiun yang ditentukan. Secara umum, di Indonesia usia normal seorang pegawai pensiun adalah 58 tahun (Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2017). Berdasarkan hal tersebut, perhitungan aktuaria diperlukan oleh perusahaan pensiun untuk mengestimasi dana yang diperlukan guna membayar manfaat pensiun (Wardhani, 2014).

Perhitungan aktuaria tidak hanya penting untuk memperkirakan kebutuhan dana pensiun, tetapi juga telah

menjadi fokus penelitian untuk mengembangkan metode perhitungan yang lebih akurat dan efisien. Hal ini diperkuat oleh penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa metode perhitungan manfaat pensiun yang akurat sangat penting dalam menentukan kewajiban pensiun yang tepat (Rivanda, 2019).

Beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji perhitungan dana pensiun seperti, Utami, dkk (2012) yang melakukan penelitian tentang perbandingan besar iuran normal dan besar kewajiban aktuarial dengan metode *Projected Unit Credit* (PUC) dan *Entry Age Normal* (EAN). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besar iuran normal metode EAN memiliki nilai yang tetap, sedangkan metode PUC mengalami peningkatan setiap tahun. Penelitian oleh S.D. Miasary (2021) yang membahas metode *Traditional Unit Credit* (TUC) dan metode *Projected Unit Credit* (PUC) dalam perhitungan biaya pensiun. Diperoleh dari hasil penelitian yaitu pada metode TUC mengasumsikan manfaat tetap, sedangkan pada metode PUC mengasumsikan bahwa skala gaji memengaruhi perhitungan manfaat pensiun. Penelitian oleh Rivanda (2019), yang melakukan perhitungan iuran normal pada dana pensiun dengan metode AAN, PUC, dan EAN dari hasil penelitian diperoleh iuran normal pada EAN lebih kecil dibandingkan metode AAN dan PUC. Penelitian tentang

perhitungan iuran normal dan kewajiban aktuarial yang telah dilakukan kebanyakan menggunakan suku bunga konstan, tetapi karena suku bunga sebenarnya tidak selalu sama tiap tahunnya (berfluktuasi). Maka, diperlukan asumsi yang dapat meramalkan suku bunga untuk masa yang akan datang (Widana & Asih, 2017). Selanjutnya pada penelitian Poedjohartono dan Maria (2023) telah melakukan penelitian mengenai perhitungan aktuarial dana pensiun dengan berdasarkan asumsi suku bunga vasicek untuk pensiun normal dan pensiun dipercepat. Oleh karena itu, salah satu asumsi yang dapat digunakan adalah asumsi suku bunga vasicek. Penelitian-penelitian tersebut telah memberikan kontribusi dasar untuk penelitian yang diusulkan dalam skripsi ini.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk menghitung iuran normal dan kewajiban aktuarial dengan metode TUC dan EAN, serta menerapkan model suku bunga vasicek dalam perhitungannya. Kemudian penulis akan membandingkan hasil perhitungan antara kedua metode tersebut pada tingkat suku bunga vasicek untuk menentukan metode mana yang lebih menguntungkan bagi peserta program pensiun antara keduanya dalam konteks kasus yang sama. Metode TUC dan EAN dipilih karena keduanya belum pernah dibandingkan dalam penelitian sebelumnya pada suku bunga vasicek dan menawarkan pendekatan yang berbeda.

Metode TUC menghitung kewajiban hanya berdasarkan manfaat yang telah diperoleh hingga saat perhitungan (Winklevoss, 1993). Sebaliknya, metode EAN mempertimbangkan seluruh manfaat yang akan diterima peserta dari usia masuk hingga masa pensiun (Rivanda, 2019). Sehingga perbandingan kedua metode ini diharapkan akan memberikan pemahaman bagaimana metode perhitungan dapat memengaruhi keberlanjutan dana pensiun. Penerapan suku bunga vasicek dalam penelitian ini juga dipilih karena model tersebut memiliki kelebihan, mampu memperhitungkan risiko fluktuasi suku bunga seiring waktu, sehingga menghasilkan estimasi dana pensiun yang lebih akurat dan relevan dengan kondisi pasar keuangan yang sebenarnya (Widana & Asih, 2017). Dengan demikian, penulis mengambil judul skripsi "Perhitungan Dana Pensiun-Normal dengan Metode TUC (*Traditional Unit Credit*) dan EAN (*Entry Age Normal*) pada Tingkat Suku Bunga Vasicek". Diharapkan dalam penelitian ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas untuk perencanaan dana pensiun dan memastikan keberlanjutan keuangan di masa pensiun.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana besar iuran normal yang harus dibayarkan peserta dana pensiun normal menggunakan metode TUC dan metode EAN dengan tingkat suku bunga vasicek?
2. Bagaimana besar kewajiban aktuarial peserta dana pensiun normal menggunakan metode TUC dan metode EAN dengan tingkat suku bunga vasicek?
3. Bagaimana perbandingan besar nilai iuran normal dan kewajiban aktuarial peserta dana pensiun normal antara metode TUC dan metode EAN dengan tingkat suku bunga vasicek?

C. Pembatasan Masalah

Penulis menetapkan batasan masalah berikut agar penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini masih dalam batas penelitian:

1. Penelitian ini mengasumsikan usia pensiun normal berusia 58 tahun sebagaimana UU Nomor 20 Tahun 2023.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada rata-rata suku bunga Bank Indonesia dari tahun 2014-2024.
3. Data gaji yang digunakan dalam penelitian diasumsikan tidak mengalami kenaikan
4. Penelitian ini mengasumsikan proporsi gaji untuk manfaat pensiun sebesar 2,5% dari gaji tahunan (S_x), sesuai dengan UU Nomor 11 tahun 1969.

5. Penelitian ini menggunakan Tabel Mortalita Indonesia IV tahun 2019 sebagai acuan.

D. Tujuan Penelitian

Mengacu pada latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini memiliki tujuan:

1. Mengetahui besar iuran normal yang dibayarkan oleh peserta dana pensiun normal dengan metode TUC dan metode EAN berdasarkan tingkat suku bunga vasicek
2. Mengetahui besar kewajiban aktuarial peserta dana pensiun normal dengan metode TUC dan metode EAN berdasarkan tingkat suku bunga vasicek.
3. Mengetahui perbandingan besar iuran normal dan kewajiban aktuarial dana pensiun normal antara metode TUC dan metode EAN dalam kondisi tingkat suku bunga vasicek.

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis
 - a. Memperdalam pemahaman tentang perhitungan dana pensiun menggunakan metode TUC dan EAN.
 - b. Meningkatkan kemampuan analisis terhadap pengaruh suku bunga, khususnya model vasicek, dalam perhitungan dana pensiun.

- c. Mengembangkan kompetensi dalam bidang matematika keuangan, khususnya terkait perencanaan dana pensiun.

2. Bagi Lembaga

- a. Memberikan referensi tambahan terkait perhitungan dana pensiun dan metode aktuarial.
- b. Menambah materi penelitian yang dapat digunakan dalam pengembangan kurikulum dan bahan ajar terkait aktuarial dan matematika keuangan.
- c. Menyediakan bahan rujukan untuk penelitian mahasiswa lain yang berminat dalam bidang yang sama.

3. Bagi Peneliti Sebelumnya

- a. Menambah wawasan tentang penerapan model suku bunga vasicek dalam skenario perhitungan dana pensiun.
- b. Membuka peluang untuk penelitian lanjutan terkait penggunaan model suku bunga lainnya atau pengembangan metode perhitungan yang lebih adaptif.
- c. Memberikan kontribusi baru dalam mengkaji efektivitas metode perhitungan aktuarial.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Dana Pensiun

Berdasarkan UU Nomor 11 tahun 1992, Dana Pensiun merupakan badan hukum yang bertanggung jawab atas pengelolaan dan pelaksanaan program yang menawarkan manfaat pensiun kepada pesertanya. Dana pensiun dikelola oleh lembaga atau perusahaan dengan mengumpulkan dana dari pendapatan peserta, yang kemudian dikembalikan kepada peserta pensiun dalam bentuk manfaat pensiun setelah periode tertentu sesuai dengan perjanjian yang telah disepakati. Dalam hal ini pensiun baru dapat diberikan apabila karyawan tersebut sudah memasuki usia pensiun atau sebab lain sehingga memperoleh hak untuk mendapatkan manfaat pensiun (Lestari, 2015).

Dalam konteks matematika keuangan, dana pensiun merujuk pada skema perencanaan keuangan yang bertujuan untuk menyediakan pendapatan bagi seseorang setelah pensiun dari pekerjaan aktif. Dalam matematika dana pensiun melibatkan perhitungan yang kompleks untuk memastikan bahwa individu memiliki cukup dana selama masa pensiun. Oleh karena itu, manfaat pensiun yang dibayarkan, dapat dihitung dengan mengurangi kewajiban aktuaria dari iuran

pensiun. Besarnya iuran peserta harus cukup untuk membiayai manfaat pensiun ketika masa pensiun tiba (Caraka, 2016).

Pertiwi & Marliyah (2023), menyatakan bahwa dana pensiun itu sendiri memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menarik dan memertahankan karyawan berkualitas guna meningkatkan kinerja perusahaan;
2. Sebagai wujud tanggung jawab sosial pemberi kerja terhadap karyawannya yang tidak lagi mampu bekerja, pensiun, atau meninggal dunia;
3. Menjamin kesejahteraan finansial karyawan dimasa depan;
4. Membantu pemerintah meminimalkan masalah sosial dan meningkatkan kestabilan negara;
5. Program pensiun dapat berkontribusi pada pembiayaan pembangunan nasional demi kesejahteraan masyarakat (Rahmadona, 2016).

B. Pensiun Normal

Pensiun normal adalah konsep di mana peserta atau karyawan memiliki hak untuk menerima manfaat pensiun setelah mencapai usia yang telah ditetapkan dalam program dana pensiun. Biasanya, usia pensiun ini ditentukan oleh perusahaan atau lembaga pengelola dana pensiun, dengan rentang usia pensiun normal umumnya berkisar antara 55 hingga 65 tahun, tergantung pada kebijakan perusahaan,

peraturan pemerintah, dan program pensiun yang berlaku (Pertiwi & Marliyah, 2023).

C. Tabel Mortalita

Tabel mortalita adalah tabel yang memuat data peluang meninggal seseorang berdasarkan usia, sehingga digunakan sebagai alat untuk memudahkan perhitungan kemungkinan tingkat hidup dan meninggal seorang individu dalam jangka waktu tertentu (Rakhman dan Effendie, 2019).

Dalam tabel mortalita, simbol (l_x) menyatakan jumlah individu yang hidup pada usia x dan simbol (d_x) untuk menyatakan jumlah individu yang meninggal pada usia x , dengan rumus sebagai berikut (Rakhman dan Effendie, 2019):

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

$${}_n d_x = l_x - l_{x+n} \quad (2.1)$$

dengan:

- d_x : Jumlah individu meninggal pada usia x
- l_x : Jumlah individu hidup pada usia x
- l_{x+1} : Jumlah individu yang bertahan hidup dari usia x hingga $x + 1$
- ${}_n d_x$: Jumlah individu meninggal antara usia x hingga $x + n$
- l_{x+n} : Jumlah individu yang bertahan hidup dari usia x hingga $x + n$

Dimana, probabilitas individu berusia x akan bertahan hidup minimal n tahun atau mencapai usia $x + n$ tahun dapat dihitung dengan rumus berikut (Rakhman dan Effendie, 2019):

$${}_n P_x = \frac{l_{x+n}}{l_x} \quad (2.2)$$

dengan:

${}_n P_x$: Probabilitas individu berusia x bertahan hidup hingga $x + n$

l_x : Jumlah individu hidup pada usia x

l_{x+n} : Jumlah individu yang bertahan hidup dari usia x hingga $x + n$

Sementara itu, probabilitas individu berusia x tahun meninggal sebelum berusia $x + n$ dinyatakan oleh (Rakhman dan Effendie, 2019):

$$\begin{aligned} {}_n q_x &= 1 - {}_n P_x \\ &= \frac{l_x - l_{x+n}}{l_x} \end{aligned} \quad (2.3)$$

dengan:

${}_n q_x$: Probabilitas individu meninggal antara usia x hingga $x + n$

l_x : Jumlah individu hidup pada usia x

l_{x+n} : Jumlah individu yang bertahan hidup dari usia x hingga $x + n$

D. Fungsi Dasar Aktuaria

Beberapa konsep fungsi dasar aktuaria yang digunakan pada perhitungan dana pensiun adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Tingkat Suku Bunga

Fungsi tingkat suku bunga (v) dalam perhitungan keuangan digunakan untuk mendiskontokan pembayaran di masa depan menjadi nilai sekarang, dengan definisi sebagai berikut (Winklevoss, 1993):

$$v = \frac{1}{1+i} \quad (2.4)$$

Jika tingkat suku bunga (i) konstan, maka untuk faktor diskonto pada tahun ke- n dirumuskan sebagai (Islam, Wilandari dan Suparti, 2016):

$$v^n = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (2.5)$$

Dimana v^n adalah faktor diskonto selama n tahun atau nilai satuan uang saat ini dalam n tahun.

2. Fungsi Gaji

Fungsi gaji dalam matematika aktuaria dana pensiun mengacu pada model matematis yang mencerminkan perubahan gaji atau pendapatan karyawan seiring berjalannya waktu. Fungsi ini berperan dalam menentukan besarnya kontribusi yang diperlukan selama periode kerja dan menghitung manfaat pensiun yang akan diperoleh di

masa mendatang. Perhitungan dana pensiun dipengaruhi oleh besar gaji peserta. Akumulasi gaji peserta dari awal masuk kerja (y) hingga usia $r - 1$, dapat dihitung dengan rumus berikut (Winklevoss, 1993):

$$S_r = \sum_{t=y}^{r-1} s_t, \quad x > y \quad (2.6)$$

keterangan:

- S_r : Akumulasi gaji peserta selama memasuki usia pensiun r
- x : Usia saat ini
- s_t : Besar gaji tahunan peserta berusia t
- y : Usia peserta saat masuk kerja

3. Fungsi Anuitas

Anuitas merupakan serangkaian pembayaran berkala dengan jumlah tertentu, yang dilakukan pada interval waktu tertentu dan berlangsung secara terus-menerus (Futami, 1993). Pembayaran anuitas terbagi menjadi dua jenis yaitu, anuitas awal yang pembayarannya dilakukan tiap awal periode dan anuitas akhir yang dilakukan tiap akhir periode (Bowers dkk., 1986). Untuk menghitung perhitungan aktuarial program pensiun, penelitian ini menggunakan jenis anuitas awal. Anuitas jiwa awal yang akan digunakan dalam perhitungan meliputi:

a. Anuitas Jiwa Awal Seumur Hidup

Anuitas jiwa awal seumur hidup adalah pembayaran berkala tiap awal periode yang terus dilakukan selama seorang individu berusia x tahun masih bertahan hidup. Dengan kata lain, anuitas akan berhenti dibayarkan setelah seseorang tersebut meninggal (Asimit dkk., 2022). Fungsi anuitas hidup untuk pegawai program pensiun dengan usia pensiun r dirumuskan sebagai berikut (Winklevoss, 1993):

$$\ddot{a}_r = \sum_{n=0}^{\infty} v^n {}_n P_r \quad (2.7)$$

keterangan:

- $\ddot{a}_r$: Nilai anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r
- v^n : Faktor diskonto pada tahun ke- n
- ${}_n P_r$: Probabilitas individu berusia r bertahan hidup hingga $r + n$

b. Anuitas Jiwa Awal Berjangka

Anuitas jiwa awal berjangka merupakan pembayaran berkala yang dilakukan tiap awal periode selama seseorang berusia x tahun masih bertahan hidup, namun pembayaran dibatasi maksimal hingga n tahun (Asimit dkk., 2022).

Perhitungan nilai tunai anuitas awal berjangka dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}\ddot{a}_{x:\overline{n}|} &= 1 + v {}_1P_x + v^2 {}_2P_x + v^3 {}_3P_x + \cdots + v^{n-1} {}_{n-1}P_x \\ &= \sum_{t=0}^{n-1} v^t {}_tP_x\end{aligned}\quad (2.8)$$

keterangan:

$$\begin{aligned}\ddot{a}_{x:\overline{n}|} &= \text{Nilai sekarang anuitas awal berjangka} \\ v^t &= \text{Faktor diskonto pada tahun ke-}t \\ {}_tP_x &= \text{Probabilitas individu berusia } x \text{ bertahan} \\ &\quad \text{hidup hingga } x + t\end{aligned}$$

E. Nilai Sekarang Manfaat Pensiun

Present Value of Future Benefit (PVFB) merupakan nilai sekarang dari manfaat pensiun yang akan diterima peserta di masa mendatang saat memasuki usia pensiun (r). Secara sederhana nilai ini merupakan perkiraan jumlah uang yang perlu disiapkan perusahaan program pensiun sekarang untuk membayar manfaat tersebut. Nilai sekarang dari manfaat pensiun (B_r) untuk peserta berusia x sebelum pensiun didefinisikan sebagai (Winklevoss, 1993):

$${}_r(PVFB)_x = B_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r, \quad (2.9)$$

keterangan:

- ${}^r(PVFB)_x$: Nilai sekarang dari manfaat pensiun yang akan diterima peserta usia x sebelum usia pensiun r
- B_r : Akumulasi besar manfaat pensiun yang diterima pada saat usia r
- v^{r-x} : Faktor diskonto dari peserta berusia x hingga usia pensiun r
- ${}_{r-x}P_x$: Probabilitas peserta berusia x akan bertahan hidup selama $r - x$
- $\ddot{a}_r$: Nilai anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r
- r : Usia pensiun normal

Di sisi lain, *Present Value of Future Normal Cost* (PVFNC) menunjukkan nilai iuran normal saat ini yang akan dibayarkan oleh peserta program pensiun dalam bentuk anuitas untuk mendanai manfaat pensiun hingga masa pensiun. PVFNC adalah perhitungan jumlah uang yang perlu disisihkan sekarang untuk membiayai iuran pensiun pegawai di masa depan. Perhitungan ini mempertimbangkan semua iuran yang akan dibayar selama masa kerja pegawai yang tersisa hingga pensiun, dengan memperhitungkan nilai uang saat ini dan tingkat bunga. Sederhananya, PVFNC membantu memastikan

bahwa iuran yang harus dibayar untuk mendanai manfaat pensiun masa depan sudah siap dan tidak kurang. Secara matematis PVFNC untuk peserta berusia x dengan usia pensiun r dirumuskan sebagai (Winklevoss, 1993):

$${}^r(PVFNC)_x = \sum_{t=x}^{r-1} (NC) v^{t-x} {}_{t-x}P_x \quad (2.10)$$

keterangan:

- ${}^r(PVFNC)_x$: Nilai sekarang iuran normal dengan usia perhitungan x tahun
- NC : Iuran pensiun untuk peserta
- v^{t-x} : Faktor diskonto selama peserta berusia x hingga usia t
- ${}_{t-x}P_x$: Probabilitas peserta berusia x akan bertahan hidup selama $t - x$ tahun
- r : Usia pensiun normal

F. Metode *Traditional Unit Credit* (TUC)

Metode *Traditional Unit Credit* (TUC) adalah salah satu metode yang diterapkan dalam perhitungan program dana pensiun. Metode ini didasarkan pada prinsip bahwa manfaat pensiun dihitung berdasarkan masa kerja yang telah ditempuh hingga tanggal perhitungan. Menurut Bowers dkk (1997), metode TUC mengasumsikan bahwa setiap tahun kerja memberikan satu unit manfaat yang dihitung secara

independen dari masa kerja yang akan datang. Dalam metode ini, pembiayaan manfaat pensiun dilakukan secara bertahap sesuai dengan masa kerja peserta hingga masa pensiun. Oleh karena itu, total/akumulasi manfaat pensiun pada usia x ditentukan oleh besarnya manfaat saat berusia x (b_x) dan faktor $(x - e)$, yang dirumuskan sebagai (Winklevoss, 1993):

$$B_x = (x - e) b_x \quad (2.11)$$

Dengan besar manfaat saat usia x (b_x) adalah:

$$b_x = k s_x \quad (2.12)$$

Apabila persamaan (2.12) disubstitusikan ke persamaan (2.11), maka didapatkan:

$$B_x = k (x - e) s_x \quad (2.13)$$

keterangan:

- B_x : Akumulasi besar manfaat pensiun yang diterima pada saat usia x
- k : Proporsi gaji untuk manfaat pensiun
- x : Usia saat ini
- e : Usia saat peserta masuk program pensiun
- s_x : Besar gaji tahunan peserta pada usia x

G. Metode *Entry Age Normal* (EAN)

Metode *Entry Age Normal* (EAN) merupakan pendekatan aktuaria dengan mempertimbangkan seluruh manfaat pensiun yang akan diterima peserta, baik yang telah diperoleh maupun

yang akan diperoleh dimasa depan. Metode ini mengasumsikan bahwa manfaat pensiun diperoleh peserta secara merata selama masa kerja, mulai dari usia masuk hingga usia pensiun. Dalam metode EAN manfaat pensiun didasarkan pada *final salary plan*, yaitu metode perhitungan manfaat pensiun yang bergantung pada gaji terakhir sebelum peserta pensiun dengan rumus sebagai berikut (Dickson dkk., 2009):

$$B_r = k(r - e) S_{r-1} \quad (2.14)$$

keterangan:

- B_r : Akumulasi besar manfaat pensiun yang diterima pada saat usia r
- k : Proporsi gaji untuk manfaat pensiun
- r : Usia pensiun normal
- e : Usia saat peserta masuk program pensiun
- S_{r-1} : Besar gaji yang diterima satu tahun sebelum pensiun.

H. Iuran Normal

Iuran normal dikenal juga sebagai *Normal Cost (NC)* diartikan sebagai jumlah iuran yang akan dibayarkan pekerja secara periodik kepada pengelola program pensiun selama masa kerjanya. Iuran ini nantinya akan dikembalikan kepada pekerja atau peserta program pensiun di kemudian hari ketika pekerja telah pensiun atau tidak lagi bekerja sebagai bentuk manfaat pensiun (Bowers dkk., 1997). Namun, jika menurut

Winklevoss (1993), iuran normal diartikan sebagai pembayaran tahunan yang dilakukan oleh pekerja atau peserta program dana pensiun untuk membiayai nilai sekarang manfaat pensiun yang akan diberikan kepada pekerja di masa depan atau saat pensiun. Dengan demikian, iuran normal dapat didefinisikan sebagai pembayaran yang dilakukan oleh peserta program pensiun untuk membiayai manfaat pensiun. Berikut adalah metode perhitungan iuran normal yang akan digunakan dalam penelitian ini:

1. Metode *Traditional Unit Credit* (TUC)

Perhitungan iuran normal atau disebut juga *Normal Cost* (NC) yang akan dibayarkan setiap tahunnya oleh peserta program pensiun guna memenuhi manfaat pensiun dengan metode TUC ini dinyatakan dengan rumus ${}^{TUC}(NC)_x$ sebagai berikut (Aitken, 1994):

$${}^{TUC}(NC)_x = b_x v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \quad (2.15)$$

keterangan:

${}^{TUC}(NC)_x$: Iuran normal seorang peserta berusia x sesuai dengan metode *Traditional Unit Credit*.

b_x : Besar manfaat tahunan pada saat usia x

v^{r-x} : Faktor diskonto peserta berusia x hingga usia pensiun r

- ${}_{r-x}P_x$: Probabilitas peserta berusia x akan tetap hidup selama $r - x$ tahun
- $\ddot{a}_r$: Nilai anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r

2. Metode *Entry Age Normal* (EAN)

Menurut Aitken (1994), perhitungan iuran normal metode EAN dilakukan dengan membagi biaya secara merata sejak seseorang mulai bekerja. Tujuannya adalah agar nilai sekarang dari iuran yang dibayarkan di masa depan sama dengan nilai sekarang dari manfaat pensiun yang akan diterima di masa depan. Konsep dasar metode EAN ini didefinisikan dengan:

$$(PVFNC)_e = (PVFB)_e \quad (2.16)$$

keterangan:

- $(PVFNC)_e$: Nilai sekarang dari iuran normal yang akan dibayarkan peserta dari usia masuk hingga pensiun
- $(PVFB)_e$: Nilai sekarang dari manfaat pensiun yang akan diterima peserta saat usia masuk hingga pensiun
- e : Usia saat peserta masuk program pensiun

Dengan menggunakan persamaan (2.9) dan (2.10) maka persamaan (2.16) dapat dikonversikan sehingga diperoleh rumus iuran normal untuk metode EAN yaitu:

$$\begin{aligned}
 (PVFNC)_e &= (PVFB)_e \\
 \sum_{t=e}^{r-1} {}^{EAN}(NC) v^{t-e} {}_{t-e}P_e &= B_r v^{r-e} {}_{r-e}P_e \ddot{a}_r \\
 {}^{EAN}(NC) \sum_{t=e}^{r-1} v^{t-e} {}_{t-e}P_e &= B_r v^{r-e} {}_{r-e}P_e \ddot{a}_r \\
 {}^{EAN}(NC) &= \frac{B_r v^{r-e} {}_{r-e}P_e \ddot{a}_r}{\sum_{t=e}^{r-1} v^{t-e} {}_{t-e}P_e} \\
 &= \frac{B_r v^{r-e} {}_{r-e}P_e \ddot{a}_r}{\ddot{a}_{e:\overline{r-e}|}} \quad (2.17)
 \end{aligned}$$

keterangan:

- ${}^{EAN}(NC)$: Iuran normal untuk seorang peserta sesuai dengan metode EAN
- B_r : Akumulasi besar manfaat pensiun yang diterima pada saat usia r
- v^{r-e} : Faktor diskonto peserta berusia e hingga usia pensiun r
- ${}_{r-e}P_e$: Probabilitas peserta berusia e akan bertahan hidup selama $r - e$
- $\ddot{a}_r$: Nilai anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r

- v^{t-e} : Faktor diskonto peserta berusia e hingga usia t
 ${}_{t-e}P_e$: Probabilitas peserta berusia e akan bertahan hidup selama $t - e$
 e : Usia saat peserta masuk program penisun
 $\ddot{a}_{e:\overline{t-e}|}$: Nilai sekarang anuitas awal berjangka

I. Kewajiban Aktuaria

Winklevoss (1993), mendefinisikan kewajiban aktuaria (*Actual Liability/AL*) sebagai kewajiban perusahaan untuk membayar manfaat pensiun kepada peserta yang bekerja mencapai usia pensiun. Perhitungan besarnya kewajiban aktuaria dapat dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

1. Metode *Traditional Unit Credit* (TUC)

Kewajiban aktuaria pada metode TUC diartikan sebagai nilai saat ini dari manfaat pensiun yang telah diakumulasikan sesuai dengan lama kerja peserta hingga saat ini (Winklevoss, 1993). Oleh karena itu, sederhananya kewajiban aktuaria pada metode TUC yaitu sejumlah dana yang harus disiapkan oleh pengelola untuk dibayarkan kepada peserta program dana pensiun berdasarkan manfaat yang diakumulasikan sesuai dengan masa kerja

hingga saat ini, dalam metode TUC kewajiban aktuarial didefinisikan dengan rumus:

$${}^{TUC}(AL)_x = B_x v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \quad (2.18)$$

dengan:

${}^{TUC}(AL)_x$: Kewajiban aktuarial dihitung dengan metode TUC untuk peserta yang berusia x

B_x : Akumulasi besar manfaat pensiun yang diterima pada saat usia x

v^{r-x} : Faktor diskonto peserta berusia x hingga usia pensiun r

${}_{r-x}P_x$: Probabilitas peserta berusia x akan bertahan hidup selama $r - x$ tahun

$\ddot{a}_r$: Nilai anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r

2. Metode *Entry Age Normal* (EAN)

Pada metode ini, kewajiban aktuarial dihitung sebagai nilai sekarang dari manfaat pensiun yang akan diterima peserta di masa depan berdasarkan total manfaat pensiun dari masa kerja yang telah dilalui sampai usia pensiun. Kewajiban aktuarial dalam metode EAN, menurut Winklevoss (1993), dihitung sebagai selisih antara nilai saat ini dari manfaat pensiun dan nilai saat ini dari iuran normal peserta. Oleh

karena itu, secara matematis, perhitungan kewajiban aktuarial dalam metode EAN didefinisikan dengan rumus:

$${}^{EAN}(AL)_x = (PVFB)_x - (PVFNC)_x \quad (2.19)$$

Sehingga berdasarkan (2.9), (2.10), dan (2.19), dapat diperoleh rumus kewajiban aktuarial metode EAN sebagai berikut:

$$\begin{aligned} {}^{EAN}(AL)_x &= (PVFB)_x - (PVFNC)_x \\ &= B_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r - \sum_{t=x}^{r-1} {}^{EAN}(NC) v^{t-x} {}_{t-x}P_x \\ &= B_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r - {}^{EAN}(NC) \sum_{t=x}^{r-1} v^{t-x} {}_{t-x}P_x \\ &= B_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r - {}^{EAN}(NC) \ddot{a}_{x:\overline{r-x}|} \end{aligned} \quad (2.20)$$

keterangan :

- B_r : Akumulasi besar manfaat pensiun yang diterima pada saat usia r
- v^{r-x} : Faktor diskonto peserta berusia x hingga usia pensiun r
- ${}_{r-x}P_x$: Probabilitas peserta berusia x akan bertahan hidup selama $r - x$ tahun
- $\ddot{a}_r$: Nilai anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun r

$\ddot{a}_{x:\overline{r-x} }$	:	Nilai sekarang anuitas awal berjangka
r	:	Usia pensiun normal
e	:	Usia saat peserta masuk program pensiun
x	:	Usia saat ini

J. Suku Bunga Model Vasicek

Model vasicek pertama kali diperkenalkan oleh Oldrich Vasicek pada tahun 1977. Menurut Winklevoss (1993), Model vasicek digunakan untuk memodelkan pergerakan suku bunga yang dipengaruhi oleh risiko pasar dan waktu, dengan karakteristik bahwa suku bunga cenderung mengalami mean reversion, yaitu kembali ke tingkat rata-rata setelah mengalami fluktuasi. Nilai suku bunga dalam model vasicek diperoleh dengan persamaan berikut:

$$dr(t) = c[\theta - r(t)]dt + \sigma dW, \quad r(0) = r_0 \quad (2.21)$$

keterangan:

$r(t)$	:	Tingkat suku bunga vasicek pada waktu t
c	:	Kecepatan tingkat suku bunga ($r(t)$) kembali ke nilai rata-rata θ
θ	:	Nilai rata-rata jangka panjang dari tingkat suku bunga ($r(t)$)
σ	:	Volatilitas atau besarnya fluktuasi acak dari suku bunga.

dW : Faktor acak yang mempengaruhi perubahan stokastik suku bunga

Dengan menyelesaikan persamaan (2.21) menggunakan penyelesaian persamaan diferensial parsial, diperoleh persamaan (Sypkens, 2010):

$$r(t) = r_0 e^{-ct} + \theta(1 - e^{-ct}) + \sigma \int_0^t e^{-c(t-u)} dW(u) \quad (2.22)$$

Nilai dari c , θ dan σ diperoleh dengan metode MLE (*Maximum Likelihood Estimation*) pada tahap estimasi parameter model vasicek. Dimana, MLE (*Maximum Likelihood Estimation*) adalah suatu pendekatan yang bertujuan untuk mengoptimalkan fungsi *likelihood* untuk mendapatkan penaksir parameter yang memiliki probabilitas maksimum (Purba, 2020). Kelebihan dari metode MLE memberikan hasil estimasi yang lebih akurat karena memaksimalkan kemungkinan (*likelihood*), sehingga rumus parameter taksiran untuk model Vasicek sebagai berikut (Sumiani dkk., 2022) :

$$\theta = \frac{\sum_{t=1}^n (i_t - i_{t-1} e^{-c\Delta t})}{n(1 - e^{-c\Delta t})} \quad (2.23)$$

$$c = -\frac{1}{\Delta t} \ln \left(\frac{\sum_{t=1}^n (i_t - \theta)(i_{t-1} - \theta)}{\sum_{t=1}^n (i_{t-1} - \theta)^2} \right) \quad (2.24)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (i_t - \theta - e^{-c\Delta t} (i_{t-1} - \theta))^2 \quad (2.25)$$

untuk memudahkan dalam perhitungan, rumus paramter c , θ dan σ diatas dapat dinyatakan dalam bentuk sederhana, dengan memisalkan persamaan berikut (Sumiani dkk., 2022):

$$R_x = \sum_{t=1}^n i_{t-1} \quad R_{xx} = \sum_{t=1}^n (i_{t-1})^2$$

$$R_y = \sum_{t=1}^n i_t \quad R_{yy} = \sum_{t=1}^n (i_t)^2$$

$$R_{xy} = \sum_{t=1}^n i_{t-1} i_t$$

Selanjutnya substitusikan persamaan diatas ke persamaan (2.23), (2.24), dan (2.25) sehingga diperoleh rumus estimasi parameter yang lebih sederhana yaitu:

$$\theta = \frac{R_y R_{xx} - R_x R_{xy}}{n(R_{xx} - R_{xy}) - (R_x^2 - R_x R_y)} \quad (2.26)$$

$$c = -\frac{1}{\Delta t} \ln \left(\frac{R_{xy} - \theta(R_x + R_y) + n\theta^2}{R_{xx} - 2\theta R_x + n\theta^2} \right) \quad (2.27)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} (R_{yy} - 2e^{-c\Delta t} R_{xy} + e^{-2c\Delta t} R_{xx} - 2\theta(1 - e^{-c\Delta t})(R_y - e^{-c\Delta t} R_x) + n\theta^2(1 - e^{-c\Delta t})^2) \quad (2.28)$$

Penggunaan model vasicek untuk tingkat suku bunga dapat mempengaruhi perhitungan aktuarial dana pensiun, khususnya dalam menentukan nilai iuran normal (*Normal Cost/NC*) dan kewajiban aktuarial (*Actual Liability/AL*), karena model ini mempertimbangkan faktor diskontonya pada suku bunga vasicek. Oleh karena itu, perhitungan faktor diskonto untuk suku bunga vasicek pada periode ke- t (r_t) dilakukan dengan menggunakan rumus berikut (Winklevoss, 1993):

$$v_{vasicek}^t = \left(\frac{1}{(1 + r_1)(1 + r_2) \dots (1 + r_t)} \right) \quad (2.29)$$

keterangan:

- $v_{vasicek}^t$: Faktor diskonto dari tingkat suku bunga model vasicek pada periode ke- t
- r_t : Tingkat suku bunga model vasicek pada waktu t

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan penjelasan secara detail tentang metode yang diterapkan dalam tugas akhir ini untuk memastikan penyusunan yang sistematis.

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap ini, mencakup pengumpulan informasi dan pemahaman mendalam tentang konsep dana pensiun, metode TUC dan EAN, serta model tingkat suku bunga vasicek. Literatur yang relevan mencakup buku, jurnal, dan sumber online yang berkaitan dengan aktuarial dan manajemen keuangan.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, melibatkan pengumpulan data yang meliputi:

- a. Data informasi berkaitan dengan profil peserta program dana pensiun, meliputi besar gaji, usia masuk, usia saat ini, dan usia pensiun.
- b. Data historis suku bunga pasar yang akan digunakan untuk mensimulasikan suku bunga menggunakan

model vasicek. Data yang digunakan untuk penelitian ini, data sekunder rata-rata suku bunga Bank Indonesia dari tahun 2014-2024.

3. Penerapan Model Vasicek:

Simulasi suku bunga untuk perhitungan dana pensiun pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model vasicek. Parameter-parameter dalam model vasicek, seperti rata-rata jangka panjang suku bunga (θ), volatilitas suku bunga (σ), dan kecepatan suku bunga kembali ke rata-rata (c), akan ditentukan terlebih dahulu menggunakan persamaan (2.26), (2.27), (2.28). Kemudian mensimulasikan suku bunga model vasicek dengan menerapkan persamaan (2.22) dan menggunakan *software R studio* sebagai alat bantu.

4. Menghitung faktor diskonto tingkat suku bunga vasicek pada periode ke- t menggunakan persamaan (2.29)
5. Menghitung akumulasi besar manfaat pensiun metode TUC menggunakan persamaan (2.11)
6. Menghitung akumulasi besar manfaat pensiun metode EAN menggunakan persamaan (2.14)
7. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan iuran normal tingkat suku bunga vasicek dengan metode TUC menggunakan

persamaan (2.15) dengan menyesuaikan rumus perhitungan dengan suku bunga vasicek.

8. Menghitung iuran normal tingkat suku bunga vasicek dengan metode EAN menggunakan persamaan (2.17) dengan menyesuaikan rumus perhitungan dengan suku bunga vasicek.
9. Menghitung kewajiban aktuarial pada tingkat suku bunga vasicek dengan metode TUC menggunakan persamaan (2.18) dengan menyesuaikan rumus perhitungan dengan suku bunga vasicek.
10. Menghitung kewajiban aktuarial pada tingkat suku bunga vasicek dengan metode EAN menggunakan persamaan (2.20) dengan menyesuaikan rumus perhitungan dengan suku bunga vasicek.

11. Analisis dan Interpretasi Hasil

Tahap ini, hasil perhitungan dengan kedua metode akan dianalisis dan dibandingkan. Analisis yang akan dilakukan meliputi:

- a. Evaluasi besar iuran normal dan kewajiban pensiun yang dilakukan berdasarkan tingkat suku bunga hasil simulasi vasicek untuk metode TUC dan EAN.
- b. Membandingkan besar iuran normal dan kewajiban pensiun antara metode TUC dan EAN berdasarkan tingkat suku bunga vasicek untuk mengetahui metode

yang lebih menguntungkan dalam kondisi tingkat suku bunga model vasicek.

12. Penarikan Kesimpulan

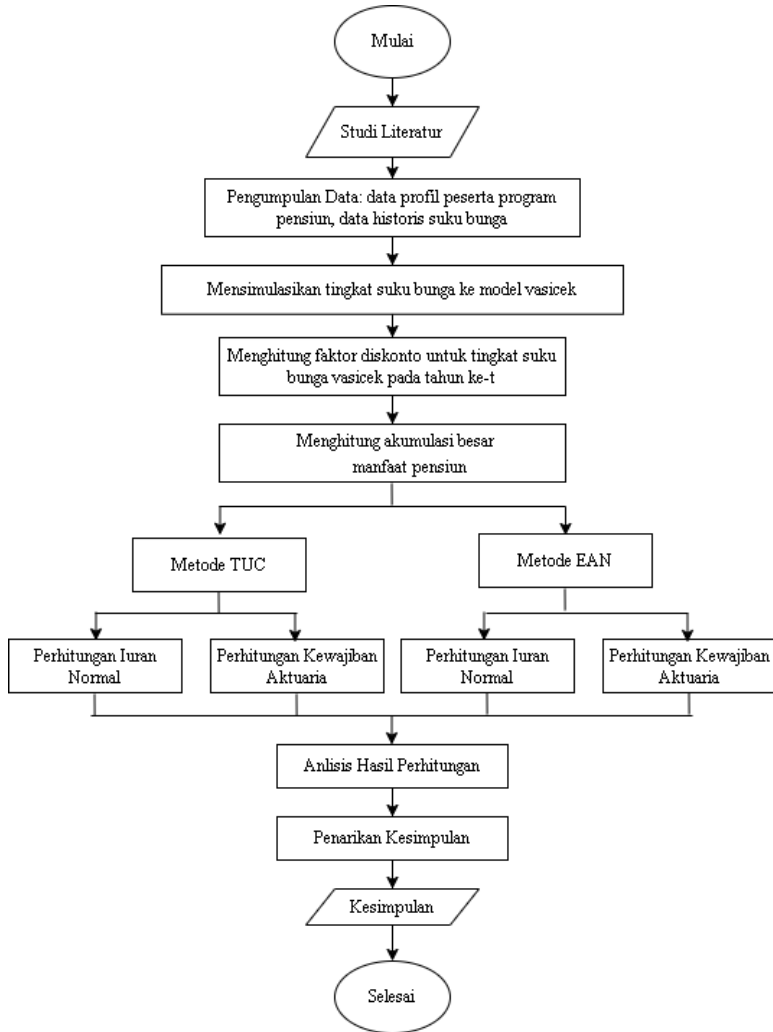
Dari hasil perhitungan dan analisis perbandingan, penelitian ini akan memberikan kesimpulan mengenai hasil perhitungan besar iuran normal dan kewajiban aktuarial berdasarkan tingkat suku bunga vasicek antara kedua metode yaitu, TUC dan EAN, serta mengetahui metode mana yang lebih menguntungkan bagi peserta dana pensiun dalam kondisi tingkat suku bunga model vasicek.

13. Penyusunan Laporan

Tahap akhir yang akan dilakukan adalah penyusunan laporan penelitian yang mencakup pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, hasil, analisis, dan kesimpulan.

B. Diagram Alur Metode Penelitian

Tahapan-tahapan penyelesaian tugas akhir ini secara umum dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

Penelitian ini menggunakan data gaji pokok PNS berdasarkan peraturan pemerintahan, yaitu PP RI Nomor 5 Tahun 2024 pada lampiran 1 dan membuat contoh kasus hipotetik. Kasus hipotetik yang dikembangkan dalam penelitian ini mencakup data peserta program pensiun perempuan, yang meliputi informasi penting seperti usia saat ini dan usia saat pertama kali bergabung dengan program pensiun, untuk memungkinkan analisis lebih akurat. Kasus hipotetik untuk penelitian ini diambil dari data pegawai Pemerintahan Republik Indonesia dari golongan II/a yang mewakili peserta baru program pensiun dan mewakili kondisi awal pegawai pada awal karir. Berdasarkan PP RI Nomor 11 Tahun 2017, pengangkatan PNS baru sekarang mensyaratkan minimal lulusan SMA, sehingga golongan II/a relevan untuk dijadikan objek penelitian. Data pegawai yang diperlukan untuk perhitungan pada penelitian ini yaitu:

1. Usia saat masuk program (e) : 22 tahun
2. Usia peserta saat ini (x) : 32 tahun
3. Jenis kelamin : Perempuan
4. Usia pensiun normal (r) : 58 tahun

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| 5. Gaji pokok perbulan | : Rp2.184.000 |
| 6. Proporsi gaji (k) | : 2,5% |
| 7. Tabel mortalita | : TMI IV tahun 2019 |

B. Perhitungan Dana Pensiun Normal

Penelitian ini akan menghitung dana pensiun normal dengan mempertimbangkan perhitungan iuran normal dan kewajiban aktuarial dengan suku bunga vasicek, menggunakan metode TUC dan metode EAN. Metode TUC merupakan perhitungan aktuaria dimana manfaat pensiun dihitung berdasarkan masa kerja yang telah ditempuh hingga tanggal perhitungan. Metode EAN merupakan perhitungan dana pensiun yang memberikan manfaat pensiun secara merata kepada peserta sejak usia masuk hingga mencapai usia pensiun. Tahapan yang dilakukan untuk menghitung iuran normal dan kewajiban aktuarial berdasarkan suku bunga vasicek dengan menggunakan dua metode diatas adalah sebagai berikut:

1. Mensimulasikan Tingkat Suku Bunga Vasicek

Langkah pertama dalam mensimulasikan suku bunga vasicek yaitu dengan menentukan nilai estimasi parameter, seperti θ (rata-rata jangka panjang suku bunga), σ (volatilitas suku bunga), dan c (kecepatan suku bunga kembali ke rata-rata). Perhitungan ini menggunakan data tingkat suku bunga tahunan BI Rate dari tahun 2014 hingga

2024, yang disajikan pada Tabel 4.1 untuk memprediksi tingkat suku bunga dimasa depan.

Tabel 4. 1 *BI Rate 2014-2024*

Tahun	i	BI Rate (i_t)
2014	0	7,54%
2015	1	7,52%
2016	2	6,00%
2017	3	4,56%
2018	4	5,10%
2019	5	5,83%
2020	6	4,25%
2021	7	3,52%
2022	8	4,00%
2023	9	5,81%
2024	10	6,10%

Sumber: Badan Pusat Statistik Indonesia

Untuk memperoleh nilai estimasi parameter θ, c, σ berdasarkan data BI Rate 2014-2024 di atas terlebih dahulu menghitung nilai $R_x, R_{xx}, R_y, R_{yy}, R_{xy}$ menggunakan bantuan *Software Excel* dapat dilihat pada Lampiran 4, 5, 6, 7, 8, kemudian substitusikan hasil ke persamaan (2.26), (2.27), dan (2.28) diperoleh:

Perhitungan nilai estimasi parameter rata-rata jangka panjang suku bunga (θ):

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{R_y R_{xx} - R_x R_{xy}}{n(R_{xx} - R_{xy}) - (R_x^2 - R_x R_y)} \\ &= \frac{(0,5269)(0,0310) - (0,5413)(0,0295)}{10(0,0310 - 0,0295) - (0,5413^2 - (0,5413)(0,5269))} \\ &= 0,0510\end{aligned}$$

Perhitungan nilai estimasi parameter kecepatan suku bunga kembali ke rata-rata (c):

$$\begin{aligned}c &= -\frac{1}{\Delta t} \ln \left(\frac{R_{xy} - \theta(R_x + R_y) + n\theta^2}{R_{xx} - 2\theta R_x + n\theta^2} \right) \\ &= -\frac{1}{1} \ln \left(\frac{0,0295 - 0,0425(0,5413 + 0,5269) + 10(0,0425^2)}{0,0310 - 2(0,0425)(0,5413) + 10(0,0425^2)} \right) \\ &= 0,3736\end{aligned}$$

Perhitungan nilai estimasi parameter volatilitas (σ):

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{n} \left(\frac{R_{yy} - 2e^{-c\Delta t} R_{xy} + e^{-2c\Delta t} R_{xx} - 2\theta(1 - e^{-c\Delta t})}{(R_y - e^{-c\Delta t} R_x) + n\theta^2(1 - e^{-c\Delta t})^2} \right) \\ &= \frac{1}{10} \left(\frac{0,0291 - 2e^{-0,2187}(0,0295) + e^{-2(0,2187)}(0,0310) -}{2(0,0425)(1 - e^{-0,2187})(0,5269 - e^{-0,2187}(0,5413)) +} \right) \\ &\quad 10(0,0425^2)(1 - e^{-0,2187})^2 \\ \sigma &= 0,0092\end{aligned}$$

Hasil perhitungan estimasi parameter (θ) , (c) , dan (σ) disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Estimasi Parameter Suku Bunga Vasicek

Parameter	Estimasi
θ	0,0510
c	0,3736
σ	0,0092

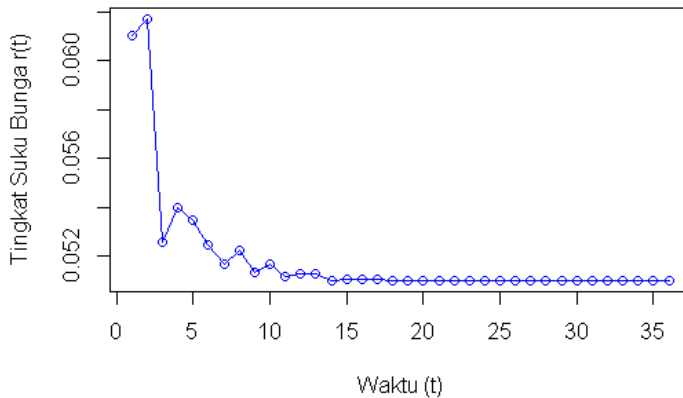
Selanjutnya mensimulasikan suku bunga vasicek ($r(t)$) untuk 36 tahun mendatang yaitu dimulai dari usia masuk program pensiun ($e = 22$) hingga usia pensiun normal ($r = 58$) dilakukan menggunakan model vasicek dengan mensubstitusikan estimasi parameter (θ) , (c) , dan (σ) ke persamaan (2.22) dan bantuan *software R studio*, menghasilkan output sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Simulasi Suku Bunga Model Vasicek ($r(t) = r_t$)

t	$r(t)$	t	$r(t)$	t	$r(t)$	t	$r(t)$
1	6,10%	10	5,17%	19	5,10%	28	5,10%
2	6,17%	11	5,12%	20	5,10%	29	5,10%
3	5,26%	12	5,12%	21	5,10%	30	5,10%
4	5,40%	13	5,12%	22	5,10%	31	5,10%
5	5,34%	14	5,10%	23	5,10%	32	5,10%
6	5,25%	15	5,10%	24	5,10%	33	5,10%
7	5,17%	16	5,10%	25	5,10%	34	5,10%
8	5,22%	17	5,10%	26	5,10%	35	5,10%
9	5,13%	18	5,10%	27	5,10%	36	5,10%

Pada Tabel 4.3 t menggambarkan periode waktu dan $r(t)$ digambarkan sebagai tingkat suku bunga vasicek dari tahun t hingga 36 tahun mendatang yaitu dimulai dari usia masuk program pensiun ($e = 22$) hingga usia pensiun normal ($r = 58$). Hasil simulasi model vasicek diatas dapat diilustrasikan dalam grafik berikut:

Simulasi Tingkat Suku Bunga dengan Model Vasicek



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Simulasi Tingkat Suku Bunga Vasicek

Dari grafik, dapat dilihat tingkat suku bunga vasicek $r(t)$ tidak terus meningkat atau menurun secara tak terbatas melainkan cenderung bergerak mendekati nilai keseimbangan/rata-rata jangka panjang yang telah dihitung sebelumnya yaitu $\theta = 0,0510 = 5,10\%$.

2. Menghitung Faktor Diskonto untuk Tingkat Suku Bunga Vasicek

Setelah diperoleh hasil simulasi tingkat suku bunga vasicek, kemudian akan dicari faktor diskonto menggunakan persamaan (2.29) dengan melibatkan hasil simulasi suku bunga vasicek pada Tabel 4.3 yaitu:

$$v_{vasicek}^t = \left(\frac{1}{(1+r_1)(1+r_2) \dots (1+r_t)} \right)$$

Untuk $t = 0$ diperoleh, $v_{vasicek}^0 = 1,0000$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } t = 1 \text{ diperoleh, } v_{vasicek}^1 &= \left(\frac{1}{(1+0,0610)} \right) \\ &= 0,9425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } t = 2 \text{ diperoleh, } v_{vasicek}^2 &= \left(\frac{1}{(1+0,0610)(1+0,0617)} \right) \\ &= 0,8867 \end{aligned}$$

Dan seterusnya hingga $t = 36$ yaitu dari usia masuk program pensiun ($e = 22$) hingga usia pensiun normal ($r = 58$). Pada Tabel 4.4 berikut disajikan faktor diskonto tingkat suku bunga vasicek tahun ke- t secara rinci:

Tabel 4. 4 Faktor Diskonto Tingkat Suku Bunga Vasicek pada tahun ke- t

t	$r(t)$	v^t
0		1,0000
1	0,0610	0,9425
2	0,0617	0,8877
3	0,0526	0,8434

4	0,0540	0,8002
5	0,0534	0,7596
6	0,0525	0,7217
7	0,0517	0,6863
8	0,0522	0,6522
9	0,0513	0,6204
10	0,0517	0,5899
11	0,0512	0,5612
12	0,0512	0,5338
13	0,0512	0,5078
14	0,0510	0,4832
15	0,0510	0,4597
16	0,0510	0,4374
17	0,0510	0,4162
18	0,0510	0,3960
19	0,0510	0,3768
20	0,0510	0,3585
21	0,0510	0,3411
22	0,0510	0,3245
23	0,0510	0,3088
24	0,0510	0,2938
25	0,0510	0,2795
26	0,0510	0,2660
27	0,0510	0,2531
28	0,0510	0,2408
29	0,0510	0,2291

30	0,0510	0,2180
31	0,0510	0,2074
32	0,0510	0,1973
33	0,0510	0,1878
34	0,0510	0,1787
35	0,0510	0,1700
36	0,0510	0,1617

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh besar faktor diskonto tingkat suku bunga vasicek pada tahun ke-0 hingga 36 tahun mendatang. Besar faktor diskonto ini nanti akan digunakan untuk menentukan besar iuran normal dan kewajiban aktuarial dengan metode TUC dan EAN berdasarkan tingkat suku bunga vasicek.

3. Menghitung Akumulasi Besar Manfaat Pensiun Pada Metode *Traditional Unit Credit* (TUC)

Selanjutnya langkah ketiga yaitu menghitung akumulasi manfaat pensiun pada metode TUC, dimana manfaat peniun dihitung berdasarkan masa kerja yang telah ditempuh hingga tanggal perhitungan. Pada penelitian ini diasumsikan usia peserta masuk adalah 22 tahun ($e = 22$) karena berdasarkan data BPS Tahun 2024 bahwa kelompok usia 20-24 berjumlah 22,29 juta orang, menunjukkan puncak masuknya angkatan kerja produktif di Indonesia. Oleh karena itu, usia ini dipertimbangkan karena

mencerminkan momen awal partisipasi pekerja. Selain itu usia 22 tahun juga secara umum merupakan usia rata-rata masuk CPNS golongan II/a dan usia ini diharapkan akan memberi gambaran lengkap terhadap pertumbuhan iuran pensiun dan kewajiban aktuarial dari awal masa kerja hingga masa pensiun. Selain itu juga menggunakan data hipotetik berupa, usia saat ini 32 tahun ($x = 32$), dan usia pensiun normal 58 tahun ($r = 58$), serta data gaji pokok bulanan pegawai PNS golongan II/a sebesar Rp2.184.000, dan proporsi gaji sebesar 2,5%. Karena pada penelitian ini diasumsikan tidak terjadi kenaikan gaji pokok sehingga besar gaji tahunannya (s_x) adalah $\text{Rp}2.184.000 \times 12 = \text{Rp}26.208.000$. Sebelum dilakukan perhitungan akumulasi manfaat pensiun metode TUC menggunakan persamaan (2.11), terlebih dahulu mencari besar manfaat tahunan pada usia x dengan persamaan (2.12):

- a. Manfaat Pensiun ketika berusia 22 Tahun ($x = 22$)

$$\begin{aligned} b_x &= k s_x \\ b_{22} &= k s_{22} \\ &= 2,5\% (\text{Rp}26.208.000) \\ &= \text{Rp}655.200 \end{aligned}$$

Karena gaji pokok tiap tahun tidak mengalami kenaikan maka gaji tahunannya tetap yaitu $s_x = \text{Rp}26.208.000$, sehingga untuk perhitungan $x = 23, 24, \dots, 57$ akan

menghasilkan manfaat pensiun (b_x) yang sama yaitu sebesar Rp655.200

- b. Akumulasi Manfaat Pensiun Pada Metode TUC saat ($x = 22$)

$$\begin{aligned} B_x &= (x - e)b_x \\ B_{22} &= (22 - e)b_{22} \\ &= (22 - 22) \text{ Rp655.200} \\ &= \text{Rp0} \end{aligned}$$

Dan seterusnya hingga mencapai usia satu tahun sebelum usia pensiun ($r - 1$) yaitu 57 tahun. Hasil perhitungan akumulasi manfaat pensiun (B_x) metode TUC disajikan secara lengkap pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Akumulasi Manfaat Pensiun Pada Metode TUC

x	b_x	B_x
22	Rp655.200	Rp0
23	Rp655.200	Rp655.200
24	Rp655.200	Rp1.310.400
25	Rp655.200	Rp1.965.600
26	Rp655.200	Rp2.620.800
27	Rp655.200	Rp3.276.000
28	Rp655.200	Rp3.931.200
29	Rp655.200	Rp4.586.400
30	Rp655.200	Rp5.241.600
31	Rp655.200	Rp5.896.800
32	Rp655.200	Rp6.552.000
33	Rp655.200	Rp7.207.200
34	Rp655.200	Rp7.862.400
35	Rp655.200	Rp8.517.600
36	Rp655.200	Rp9.172.800

37	Rp655.200	Rp9.828.000
38	Rp655.200	Rp10.483.200
39	Rp655.200	Rp11.138.400
40	Rp655.200	Rp11.793.600
41	Rp655.200	Rp12.448.800
42	Rp655.200	Rp13.104.000
43	Rp655.200	Rp13.759.200
44	Rp655.200	Rp14.414.400
45	Rp655.200	Rp15.069.600
46	Rp655.200	Rp15.724.800
47	Rp655.200	Rp16.380.000
48	Rp655.200	Rp17.035.200
49	Rp655.200	Rp17.690.400
50	Rp655.200	Rp18.345.600
51	Rp655.200	Rp19.000.800
52	Rp655.200	Rp19.656.000
53	Rp655.200	Rp20.311.200
54	Rp655.200	Rp20.966.400
55	Rp655.200	Rp21.621.600
56	Rp655.200	Rp22.276.800
57	Rp655.200	Rp22.932.000

Berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh besar manfaat saat berusia x (b_x) dan besar akumulasi manfaat pensiun saat berusia x (B_x). Hasil pada Tabel 4.5 di atas nanti akan digunakan untuk menentukan besar iuran normal dan kewajiban aktuarial dengan metode TUC berdasarkan tingkat suku bunga vasicek.

4. Menghitung Akumulasi Besar Manfaat Pensiun Pada Metode *Entry Age Normal* (EAN)

Selanjutnya langkah keempat adalah menghitung akumulasi manfaat pensiun menggunakan metode EAN, dimana pada metode EAN dihitung dengan melibatkan seluruh manfaat selama masa kerja, mulai dari usia masuk ($e = 22$) hingga usia pensiun normal ($r = 58$). Perhitungan akumulasi manfaat pensiun untuk metode EAN dihitung menggunakan persamaan (2.14) dengan besar gaji satu tahun sebelum pensiunnya sama seperti tahun sebelumnya karena tidak ada kenaikan gaji yaitu $s_x = S_{r-1} = \text{Rp}26.208.000$ diperoleh:

$$\begin{aligned} B_r &= k(r - e)S_{r-1} \\ &= 2,5\%(58 - 22)\text{Rp}26.208.000 \\ &= \text{Rp}23.587.200 \end{aligned}$$

Karena metode EAN melibatkan seluruh manfaat dari usia masuk hingga usia pensiun maka akumulasinya dihitung sekaligus hingga usia pensiun. Besar akumulasi ini nanti akan digunakan untuk menentukan besar iuran normal dan kewajiban aktuarial dengan metode EAN berdasarkan tingkat suku bunga vasicek.

5. Menghitung Besar Iuran Normal Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

Pada tahap kelima ini akan ditentukan besar iuran normal pada tingkat suku bunga vasicek pada peserta

program pensiun dengan usia masuk adalah 22 tahun dan usia pensiun normal 58 tahun ($r = 58$), dan gaji tahunan (s_x) sebesar Rp26.208.000 menggunakan metode TUC dan metode EAN sebagai berikut:

a. Metode *Traditional Unit Credit* (TUC)

Perhitungan besar iuran normal metode TUC menggunakan persamaan (2.15) dengan menyesuaikan pada tingkat suku bunga vasicek, melihat Tabel Mortalita Indonesia Tahun 2019 pada lampiran 2, perhitungan $\ddot{a}_r$ pada lampiran 11, nilai faktor diskonto (v^t) pada Tabel 4.4 dan manfaat pensiun (b_x) pada Tabel 4.5 dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh hasil perhitungan iuran normal metode TUC sebagai berikut:

1) Iuran ketika usia 22 tahun ($x = 22$)

$$\begin{aligned}
 {}^{TUC}(NC)_x &= b_x v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \\
 {}^{TUC}(NC)_{22} &= b_{22} v_{vasicek}^{58-22} {}_{58-22}P_{22} \ddot{a}_{58} \\
 &= b_{22} v_{vasicek}^{36} {}_{36}P_{22} \ddot{a}_{58} \\
 &= b_{22} \frac{1}{(1+r_1)(1+r_2) \dots (1+r_{36})} \frac{l_{58}}{l_{22}} \ddot{a}_{58} \\
 &= 655.200(0,1617) \left(\frac{93279,50092}{99456,41145} \right) (14,3103) \\
 &= 1.422.307
 \end{aligned}$$

2) Iuran ketika usia 23 tahun ($x = 23$)

$$\begin{aligned}
{}^{TUC}(NC)_x &= b_x v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \\
{}^{TUC}(NC)_{23} &= b_{23} v_{vasicek}^{58-23} {}_{58-23}P_{23} \ddot{a}_{58} \\
&= b_{23} v_{vasicek}^{35} {}_{35}P_{23} \ddot{a}_{58} \\
&= b_{23} \frac{1}{(1+r_1)(1+r_2) \dots (1+r_{35})} \frac{l_{58}}{l_{23}} \ddot{a}_{58} \\
&= 655.200(0,1700) \left(\frac{93279,50092}{99426,57453} \right) (14,3103) \\
&= 1.495.293
\end{aligned}$$

Dan seterusnya hingga usia tepat satu tahun sebelum usia pensiun normal ($r - 1$) yaitu 57 tahun. Hasil perhitungan iuran normal metode TUC (${}^{TUC}(NC)_x$) dengan tingkat suku bunga vasicek dihitung menggunakan *Microsoft Excel* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Iuran Normal Metode TUC Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	b_x	$v^{r-x} \cdot {}_{r-x}P_x$	$\ddot{a}_r$	${}^{TUC}(NC)_x$
22	Rp655.200	0,15169	14,3103	Rp1.422.307
23	Rp655.200	0,15948	14,3103	Rp1.495.293
24	Rp655.200	0,16767	14,3103	Rp1.572.056
25	Rp655.200	0,17628	14,3103	Rp1.652.793
26	Rp655.200	0,18534	14,3103	Rp1.737.746
27	Rp655.200	0,19487	14,3103	Rp1.827.138
28	Rp655.200	0,20490	14,3103	Rp1.921.206
29	Rp655.200	0,21546	14,3103	Rp2.020.178
30	Rp655.200	0,22657	14,3103	Rp2.124.312
31	Rp655.200	0,23825	14,3103	Rp2.233.903

32	Rp655.200	0,25056	14,3103	Rp2.349.242
33	Rp655.200	0,26350	14,3103	Rp2.470.638
34	Rp655.200	0,27713	14,3103	Rp2.598.439
35	Rp655.200	0,29148	14,3103	Rp2.732.984
36	Rp655.200	0,30659	14,3103	Rp2.874.663
37	Rp655.200	0,32251	14,3103	Rp3.023.877
38	Rp655.200	0,33927	14,3103	Rp3.181.079
39	Rp655.200	0,35693	14,3103	Rp3.346.638
40	Rp655.200	0,37554	14,3103	Rp3.521.080
41	Rp655.200	0,39516	14,3103	Rp3.705.058
42	Rp655.200	0,41586	14,3103	Rp3.899.109
43	Rp655.200	0,43769	14,3103	Rp4.103.837
44	Rp655.200	0,46073	14,3103	Rp4.319.897
45	Rp655.200	0,48504	14,3103	Rp4.547.834
46	Rp655.200	0,51085	14,3103	Rp4.789.828
47	Rp655.200	0,53816	14,3103	Rp5.045.846
48	Rp655.200	0,56699	14,3103	Rp5.316.191
49	Rp655.200	0,59781	14,3103	Rp5.605.120
50	Rp655.200	0,63023	14,3103	Rp5.909.123
51	Rp655.200	0,66516	14,3103	Rp6.236.622
52	Rp655.200	0,70187	14,3103	Rp6.580.853
53	Rp655.200	0,74142	14,3103	Rp6.951.654
54	Rp655.200	0,78421	14,3103	Rp7.352.807
55	Rp655.200	0,83022	14,3103	Rp7.784.216
56	Rp655.200	0,87810	14,3103	Rp8.233.171
57	Rp655.200	0,93720	14,3103	Rp8.787.298

b. Metode *Entry Age Normal* (EAN)

Perhitungan besar iuran normal metode EAN menggunakan persamaan (2.17) dengan menyesuaikan pada tingkat suku bunga vasicek, melihat Tabel Mortalita Indonesia Tahun 2019 pada lampiran 2, perhitungan $\ddot{a}_r$ pada lampiran 11, nilai faktor diskonto (v^t) pada Tabel 4.4 dan akumulasi manfaat pensiun (B_x) pada metode EAN dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 {}^{EAN}(NC) &= \frac{B_r v^{r-e} {}_{r-e}P_e \ddot{a}_r}{\ddot{a}_{e:\overline{r-e}|}} \\
 &= \frac{B_r v_{vasicek}^{r-e} {}_{r-e}P_e \ddot{a}_r}{\ddot{a}_{e:\overline{r-e}|}} \\
 &= \frac{B_r v^{36} {}_{36}P_{22} \ddot{a}_{58}}{\sum_{t=0}^{36-1} v^t \cdot {}_tP_e} \\
 &= \frac{(Rp23.587.200) (0,1617) (0,93789329)(14,3103)}{16,5697} \\
 &= Rp3.089.398
 \end{aligned}$$

Diperoleh besar iuran normal metode EAN pada tingkat suku bunga vasicek adalah sebesar Rp3.089.398, nilai ini menunjukkan jumlah iuran tahunan peserta program pensiun yang harus dibayarkan mulai dari usia masuk ($e = 22$) hingga usia satu tahun sebelum pensiun normal ($r - 1 = 57$).

Tabel 4. 7 Iuran Normal Metode EAN Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	B_r	$^{EAN}(NC)_x$
22	Rp23.587.200	Rp3.089.398
23	Rp23.587.200	Rp3.089.398
24	Rp23.587.200	Rp3.089.398
25	Rp23.587.200	Rp3.089.398
26	Rp23.587.200	Rp3.089.398
27	Rp23.587.200	Rp3.089.398
28	Rp23.587.200	Rp3.089.398
29	Rp23.587.200	Rp3.089.398
30	Rp23.587.200	Rp3.089.398
31	Rp23.587.200	Rp3.089.398
32	Rp23.587.200	Rp3.089.398
33	Rp23.587.200	Rp3.089.398
34	Rp23.587.200	Rp3.089.398
35	Rp23.587.200	Rp3.089.398
36	Rp23.587.200	Rp3.089.398
37	Rp23.587.200	Rp3.089.398
38	Rp23.587.200	Rp3.089.398
39	Rp23.587.200	Rp3.089.398
40	Rp23.587.200	Rp3.089.398
41	Rp23.587.200	Rp3.089.398
42	Rp23.587.200	Rp3.089.398
43	Rp23.587.200	Rp3.089.398
44	Rp23.587.200	Rp3.089.398

45	Rp23.587.200	Rp3.089.398
46	Rp23.587.200	Rp3.089.398
47	Rp23.587.200	Rp3.089.398
48	Rp23.587.200	Rp3.089.398
49	Rp23.587.200	Rp3.089.398
50	Rp23.587.200	Rp3.089.398
51	Rp23.587.200	Rp3.089.398
52	Rp23.587.200	Rp3.089.398
53	Rp23.587.200	Rp3.089.398
54	Rp23.587.200	Rp3.089.398
55	Rp23.587.200	Rp3.089.398
56	Rp23.587.200	Rp3.089.398
57	Rp23.587.200	Rp3.089.398

6. Menghitung Besar Kewajiban Aktuaria Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

Pada langkah keenam yaitu menghitung kewajiban aktuaria dana pensiun pada tingkat suku bunga vasicek dengan menggunakan metode TUC dan metode EAN sebagai berikut:

a. Metode *Traditional Unit Credit* (TUC)

Kewajiban aktuaria metode TUC dihitung berdasarkan manfaat yang telah diakumulasikan sesuai dengan masa kerja hingga saat ini. Perhitungan kewajiban aktuaria metode TUC dengan tingkat suku bunga vasicek

dilakukan menggunakan persamaan (2.18) dengan diketahui persamaan $B_x = (x - e)b_x$ dan ${}^{TUC}(NC)_x = b_x v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r$, maka persamaan (2.18) dapat dikonversikan menjadi:

$$\begin{aligned} {}^{TUC}(AL)_x &= B_x v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \\ &= B_x v_{vasicek}^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \\ &= (x - e) b_x v_{vasicek}^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r \\ &= (x - e) {}^{TUC}(NC)_x \end{aligned}$$

- 1) Besar Kewajiban Aktuaria ketika berusia 22 tahun

$$(x = 22)$$

$$\begin{aligned} {}^{TUC}(AL)_{22} &= (22 - e) {}^{TUC}(NC)_{22} \\ &= (22 - 22) Rp1.422.307 \\ &= Rp0 \end{aligned}$$

- 2) Besar Kewajiban Aktuaria ketika berusia 23 tahun

$$(x = 23)$$

$$\begin{aligned} {}^{TUC}(AL)_{23} &= (23 - e) {}^{TUC}(NC)_{23} \\ &= (23 - 22) Rp1.495.293 \\ &= Rp1.495.293 \end{aligned}$$

Dan seterusnya hingga usia satu tahun sebelum pensiun normal ($r - 1$) yaitu 57 tahun. Hasil perhitungan kewajiban aktuarial metode TUC (${}^{TUC}(AL)_x$) dengan tingkat suku bunga vasicek diitung menggunakan *Microsoft Excel*, untuk informasi lebih lengkap disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Kewajiban Aktuaria Metode TUC Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	$(x - e)$	$TUC(NC)_x$	$TUC(AL)_x$
22	0	Rp1.422.307	Rp0
23	1	Rp1.495.293	Rp1.495.293
24	2	Rp1.572.056	Rp3.144.112
25	3	Rp1.652.793	Rp4.958.379
26	4	Rp1.737.746	Rp6.950.984
27	5	Rp1.827.138	Rp9.135.690
28	6	Rp1.921.206	Rp11.527.236
29	7	Rp2.020.178	Rp14.141.246
30	8	Rp2.124.312	Rp16.994.496
31	9	Rp2.233.903	Rp20.105.127
32	10	Rp2.349.242	Rp23.492.420
33	11	Rp2.470.638	Rp27.177.018
34	12	Rp2.598.439	Rp31.181.268
35	13	Rp2.732.984	Rp35.528.792
36	14	Rp2.874.663	Rp40.245.282
37	15	Rp3.023.877	Rp45.358.155
38	16	Rp3.181.079	Rp50.897.264
39	17	Rp3.346.638	Rp56.892.846
40	18	Rp3.521.080	Rp63.379.440
41	19	Rp3.705.058	Rp70.396.102
42	20	Rp3.899.109	Rp77.982.180
43	21	Rp4.103.837	Rp86.180.577
44	22	Rp4.319.897	Rp95.037.734

45	23	Rp4.547.834	Rp104.600.182
46	24	Rp4.789.828	Rp114.955.872
47	25	Rp5.045.846	Rp126.146.150
48	26	Rp5.316.191	Rp138.220.966
49	27	Rp5.605.120	Rp151.338.240
50	28	Rp5.909.123	Rp165.455.444
51	29	Rp6.236.622	Rp180.862.038
52	30	Rp6.580.853	Rp197.425.590
53	31	Rp6.951.654	Rp215.501.274
54	32	Rp7.352.807	Rp235.289.824
55	33	Rp7.784.216	Rp256.879.128
56	34	Rp8.233.171	Rp279.927.814
57	35	Rp8.787.298	Rp307.555.430

b. Metode *Entry Age Normal* (EAN)

Pada metode EAN, untuk menghitung besar kewajiban aktuaria pada tingkat suku bunga vasicek dihitung dengan persamaan (2.20) yaitu:

$${}^{EAN}(AL)_x = B_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \ddot{a}_r - {}^{EAN}(NC) \ddot{a}_{x:\overline{r-x}|}$$

dengan telah diketahui dari perhitungan sebelumnya nilai:

$$B_r = Rp23.587.200$$

$$\ddot{a}_r = 14,3103$$

$${}^{EAN}(NC) = Rp3.089.398$$

- 1) Besar Kewajiban Aktuarial ketika berusia 22 tahun ($x = 22$)

$$\begin{aligned}
 {}^{EAN}(AL)_{22} &= B_r v^{r-22} {}_{r-22}P_{22} \ddot{a}_r - {}^{EAN}(NC) \ddot{a}_{\overline{22:r-22}|} \\
 &= Rp23.587.200 (0,1617)(0,93789)(4,3103) - \\
 &\quad Rp3.089.398 (16,56971) \\
 &= Rp0
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas kewajiban aktuarial yang harus dibayarkan perusahaan selama satu tahun pada saat peserta berusia 22 tahun ($x = 22$) adalah sebesar Rp0, walaupun sebenarnya memiliki nilai sebesar Rp12.621. Hal ini karena pada dasarnya kewajiban aktuarial tidak dibayarkan pada saat peserta masuk program pensiun (e) melainkan dibayarkan satu tahun setelah peserta masuk program pensiun ($e + 1$). Selanjutnya perhitungan tersebut dilanjutkan hingga usia tepat satu tahun sebelum usia pensiun normal ($r - 1$) yaitu 57 tahun. Hasil perhitungan kewajiban aktuarial dengan metode EAN (${}^{EAN}(AL)_x$) pada tingkat suku bunga vasicek dihitung menggunakan *Microsoft Excel* lebih lengkap disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Kewajiban Aktuarial Metode EAN Pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	v^{r-x}	${}_{r-x}P_x$	$\ddot{a}_{\overline{x:r-x} }$	${}^{EAN}(AL)_x$
22	-	-	-	Rp0

23	0,1700	0,93817	16,39642	Rp3.175.483
24	0,1787	0,93848	16,21456	Rp6.500.785
25	0,1878	0,93879	16,02368	Rp9.997.006
26	0,1973	0,93915	15,82364	Rp13.673.342
27	0,2074	0,93955	15,61393	Rp17.539.353
28	0,2180	0,93998	15,39404	Rp21.605.107
29	0,2291	0,94044	15,16329	Rp25.880.978
30	0,2408	0,94093	14,92109	Rp30.378.021
31	0,2531	0,94146	14,66700	Rp35.108.313
32	0,2660	0,94202	14,40036	Rp40.084.256
33	0,2795	0,94262	14,12053	Rp45.319.059
34	0,2938	0,94327	13,82692	Rp50.826.943
35	0,3088	0,94397	13,51879	Rp56.622.511
36	0,3245	0,94473	13,19549	Rp62.721.730
37	0,3411	0,94554	12,85620	Rp69.141.629
38	0,3585	0,94642	12,50017	Rp75.900.842
39	0,3768	0,94737	12,12648	Rp83.015.463
40	0,3960	0,94839	11,73427	Rp90.507.048
41	0,4162	0,94951	11,32273	Rp98.401.672
42	0,4374	0,95073	10,89076	Rp106.722.043
43	0,4597	0,95207	10,43751	Rp115.492.492
44	0,4832	0,95354	9,96175	Rp124.740.490
45	0,5078	0,95516	9,46237	Rp134.488.991
46	0,5338	0,95695	8,93811	Rp144.820.427
47	0,5612	0,95895	8,38778	Rp155.737.246
48	0,5899	0,96116	7,80972	Rp167.255.563

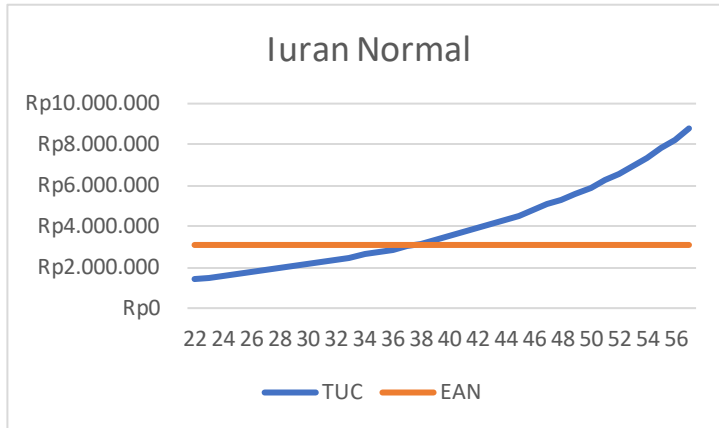
49	0,6204	0,96360	7,20203	Rp179.534.405
50	0,6522	0,96628	6,56309	Rp192.452.416
51	0,6863	0,96923	5,89058	Rp206.320.047
52	0,7217	0,97249	5,18271	Rp220.899.245
53	0,7596	0,97608	4,43666	Rp236.552.966
54	0,8002	0,98003	3,64910	Rp253.427.520
55	0,8434	0,98438	2,81676	Rp271.529.695
56	0,8877	0,98916	1,93757	Rp290.408.249
57	0,9425	0,99437	1,00000	Rp313.253.332

C. Analisis dan Interpretasi Hasil

Dari hasil perhitungan dana pensiun normal menggunakan metode TUC dan metode EAN dengan tingkat suku bunga vasicek diatas, penelitian ini selanjutnya akan membandingkan hasil perhitungan besar iuran normal dan kewajiban aktuarial untuk menentukan mana yang lebih menguntungkan bagi peserta antara kedua metode tersebut pada tingkat suku bunga vasicek. Perbandingan hasil iuran normal dan kewajiban aktuarial dari masing-masing metode dapat dilihat sebagai berikut:

1. Iuran Normal

Pada metode TUC dan EAN dengan tingkat suku bunga vasicek menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Berikut grafik yang menampilkan hasil perhitungan iuran normal dari kedua metode tersebut:



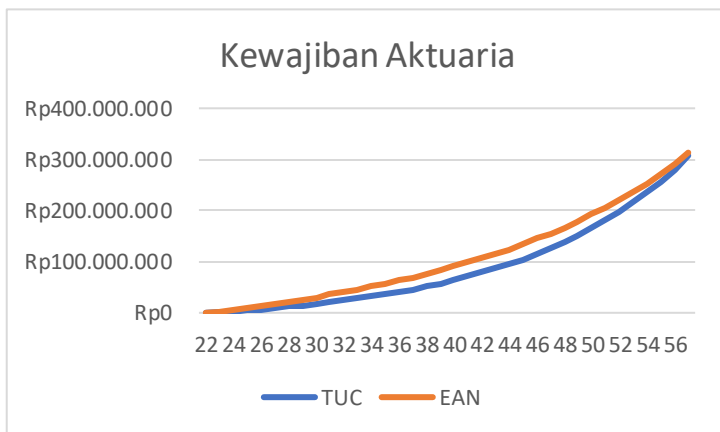
Gambar 4. 2 Grafik Besar iuran Normal dengan metode TUC dan EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

Dari hasil grafik pada Gambar 4.2 menunjukkan hasil perhitungan iuran normal metode TUC pada tingkat suku bunga vasicek cenderung meningkat seiring bertambahnya usia, yang dimana besar iuran normal tersebut berbeda dari awal pembayaran hingga memasuki usia pensiun normal yaitu sebesar Rp1.422.307 pada awal tahun pembayaran dan sebesar Rp8.787.298 pada usia tepat sebelum pensiun normal. Sedangkan dengan metode EAN pada tingkat suku bunga vasicek menghasilkan iuran normal yang stabil dari awal masuk hingga pensiun normal yaitu sebesar Rp3.089.398 tiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena faktor diskonto pada tingkat suku bunga vasicek dan besar manfaat pensiun dari kedua metode berbeda, dimana faktor diskonto dan manfaat pensiun dengan menggunakan

metode TUC dihitung berdasarkan masa kerja yang telah ditempuh hingga tanggal perhitungan. Sedangkan pada metode EAN faktor diskonto dan manfaat pensiun dihitung secara merata dari usia masuk hingga usia pensiun. Selain itu, hasil perhitungan dari kedua metode juga sesuai dengan penelitian Caraka (2016), yang menyatakan bahwa kenaikan faktor diskonto dan nilai manfaat pensiun berdampak pada peningkatan besar iuran pada periode berikutnya.

2. Kewajiban Aktuaria

Pada metode TUC dan EAN, hasil perhitungan kewajiban aktuaria pada tingkat suku bunga vasicek dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. 3 Grafik Besar Kewajiban Aktuaria dengan metode TUC dan EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

Dari hasil grafik pada gambar 4.3 diatas, terlihat bahwa pada metode TUC dan metode EAN, hasil perhitungan kewajiban aktuarial pada tingkat suku bunga vasicek menghasilkan besar yang berbeda tiap tahunnya. Dari hasil grafik ditunjukkan bahwa pada tingkat suku bunga vasicek, metode EAN memiliki kenaikan besar kewajiban aktuarial yang lebih signifikan setiap tahun dibandingkan metode TUC.

Dari hasil perhitungan pada tingkat suku bunga vasicek diatas, metode TUC menghasilkan besar iuran normal lebih tinggi dibandingkan dengan metode EAN. Karena iuran normal pada metode EAN besarnya stabil atau dengan kata lain tidak meningkat tiap tahunnya, maka penggunaan metode EAN pada tingkat suku bunga vasicek lebih menguntungkan bagi peserta program dana pensiun. Hal ini diperkuat oleh penelitian Yuda dkk (2018), yang menunjukkan bahwa iuran normal yang dihitung menggunakan metode *Entry Age Normal* pada tingkat suku bunga vasicek cenderung lebih stabil dan terdistribusi merata sepanjang masa kerja, sehingga memberikan keuntungan bagi peserta dana pensiun karena menghindari lonjakan iuran di usia tua. Besar iuran normal yang stabil dalam kondisi ini tidak akan memberatkan peserta program dana pensiun.

Disisi lain, hasil perhitungan kewajiban aktuarial pada tingkat suku bunga vasicek, metode EAN memiliki kenaikan yang lebih signifikan tiap tahunnya dibandingkan metode TUC. Karena besar kewajiban aktuarial metode EAN lebih besar peningkatannya, maka penggunaan metode EAN pada tingkat suku bunga vasicek lebih menguntungkan bagi peserta program dana pensiun. Hasil ini didukung oleh penelitian Sulma dkk. (2023) yang membandingkan metode PUC dan metode EAN, dimana hasilnya menunjukkan bahwa metode EAN menghasilkan kewajiban aktuarial lebih tinggi dibandingkan metode PUC yang menjadikannya lebih menguntungkan bagi peserta dana pensiun. Nilai kewajiban aktuarial yang besar dalam kondisi ini akan membantu peserta program dana pensiun meningkatkan kualitas hidup mereka saat pensiun mendatang atau dengan kata lain peserta akan memperoleh manfaat pensiun yang lebih besar.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan jika perhitungan dana pensiun normal pada tingkat suku bunga vasicek dengan metode EAN lebih menguntungkan bagi peserta dibandingkan metode TUC, karena menghasilkan iuran normal yang stabil dan kewajiban aktuarial yang besar atau signifikan. Penggunaan suku bunga vasicek pada perhitungan dana pensiun normal ini membantu mempertimbangkan resiko perubahan suku bunga di masa depan, sehingga

membuat perkiraan dana pensiun menjadi lebih tepat dan sesuai dengan kebutuhan sebenarnya. Hal ini karena model vasicek memperhitungkan risiko perubahan suku bunga secara stokastik, yang memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat dibandingkan dengan asumsi suku bunga konstan (Yuda, Widana, & Sumarjaya, 2018).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian perhitungan dana pensiun normal dengan metode TUC dan EAN pada tingkat suku bunga vasicek di atas diperoleh kesimpulan antara lain:

1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besar iuran normal pada tingkat suku bunga vasicek dengan metode TUC lebih besar dan meningkat setiap tahun (Rp1.422.307 hingga Rp8.787.298), sedangkan metode EAN besar iuran normalnya stabil setiap tahunnya (Rp3.089.398).
2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besar kewajiban aktuarial pada tingkat suku bunga vasicek dengan metode EAN lebih besar dan signifikan setiap tahunnya (Rp0 hingga Rp313.253.332) dibandingkan dengan besar kewajiban aktuarial metode TUC (Rp0 hingga Rp307.555.430)
3. Hasil perhitungan iuran normal yang stabil dan kewajiban aktuarial yang besar pada tingkat suku bunga vasicek menunjukkan bahwa metode EAN lebih menguntungkan bagi peserta program dana pensiun normal dibandingkan menggunakan metode TUC.

B. Saran

Penelitian ini penulis berfokus pada penggunaan program pensiun normal menggunakan metode TUC dan EAN pada tingkat suku bunga vasicek. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan jenis pensiun lainnya seperti jenis pensiun cacat, ditunda, dan dipercepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aitken, W. H., 1994. A Problem Solving Approach to Pension Funding and Valuation. Winsted: ACTEX Publications.
- Asimit, V., Bauer, D., Butt, A., Frees, E., Emiliano, V., & Villegas, A. (2022). Life Contingencies: The Mathematics, Statistics, and Economics of Life Insurance. International Association of Black Actuaries.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Data BI Rate tahun 2014-2024.
- Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. (1997). Actuarial Mathematics. Society of Actuaries.
- Caraka, R. E. (2016). Kajian Perhitungan Dana Pensiun Menggunakan Accrued Benefit Cost. Journal Badan Pendidikan Dan Pelatihan Keuangan Kementerian Keuangan Republik Indonesia (BPPK), 2(9), 160–180
- Dickson, D. C., Hardy, M. R. & Waters, H. R., 2009. Actuarial Mathematics for Life Contingent Risk. New York: Cambridge University Press.
- Futami, T., 1993. Matematika Asuransi Jiwa, Bagian I. Tokyo: Oriental Life Insurance Cultural Development Center.
- Islam, E. N. M., Wilandari, Y., & Suparti. (2016). Perhitungan Pembiayaan Dana Pensiun Dengan Metode Attained Age Normal Dan Projected Unit Credit. Jurnal Gaussian, 5(3), 505–514.
- Lestari, T. P. (2015). Analisis Kesesuaian Penerapan Pengelolaan Dana Pensiun Syariah Terhadap Fatwa

DSN MUI nomor 88/DSN-MUI/XI/2013 (Studi pada PT Bank Syariah Mandiri Pusat).

Miasary, S. D. (2021). Aplikasi Accrued Benefits Cost Method dalam Perhitungan Biaya Pensiun.

Pemerintah Republik Indonesia. (2024). Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2024 tentang Perubahan Kesembilan Belas Atas Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1977 Tentang Peraturan Gaji Pegawai Negeri Sipil. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.

Pemerintah Republik Indonesia. (2017). Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2017 tentang Manajemen Pegawai Negeri Sipil. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.

Pertiwi, D. I., & Marliyah, M. (2023). Analisis Pengelolaan Dan Pemanfaatan Dana Pensiun Oleh Nasabah PT TASPEN (Persero) Kcu Medan. *Jurnal Mahasiswa Kreatif*, 1(6), 326-332.

Poedjohartono, M. T. D. D. (2023). *Perhitungan Dana Pensiun Normal dan Dipercepat dengan Asumsi Suku Bunga Vasicek menggunakan Metode Individual Level Premium dan Traditional Unit Credit* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Rahmalita, R. N., Satyahadewi, N., & Rizki, S. W. (2020). Perhitungan Dana Pensiun Dengan Metode Traditional Unit Credit (TUC) pada Tingkat Suku Bunga Konstan Dan Model Vasicek. *Jurnal Buletin Ilmiah Mat. Stat Dan Terapannya (Bimaster)*, 09(4), 541–548.

Rakhman, A., & Effendie, A. R. (2019). Matematika Aktuaria (Edisi). CV. Dwicitra Grafindo.

- Republik Indonesia. (1992). Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1992 Tentang Dana Pensiun.
- Republik Indonesia. (2023). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2023 tentang Aparatur Sipil Negara*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 157. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara.
- Rivanda, M. R. (2019). *Penentuan pembiayaan dana pensiun dengan metode attained age normal, projected unit credit dan entry age normal* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- S. Purba Angnitha. 2020. "Estimasi Parameter Data Berdistribusi Normal Menggunakan Maksimum Likelihood Berdasarkan Newton Raphson," Sains Dasar, vol. 1, 2020.
- Sulma, R., Lisnawati, Y., & Nuraini, E. (2023). Comparison of Projected Unit Credit and Entry Age Normal methods in pension fund: Vasicek and Cox-Ingersoll-Ross models. Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, 17(1), 1–13.
- Sumiani, W. R., & Perdana, H. (2022). Perhitungan Dana Pensiun Dengan Metode Attained Age Normal Pada Tingkat Suku Bunga Model Vasicek. Bul. Ilm. Math. Stat dan Ter, 11(2), 273-282.
- Sypkens, R. Risk Properties and Parameter Estimation on Mean Reversion and GARCH Models. University of South Africa (Thesis); 2010.

- Utami, A. H. B., Wilandari, Y., & Wuryandari, T. (2012). Penggunaan metode projected unit credit dan entry age normal dalam pembiayaan pensiun. *Jurnal Gaussian*, 1(1), 47-54.
- Wardhani, I. G. A. K. K. (2014). Perhitungan Dana Pensiun Dengan Metode Projected Unit Credit Dan Individual Level Premium. *Jurnal Matematika UNAND*, 3(2), 64-74.
- Widana, I. N., & Asih, N. M. (2017). Perhitungan iuran normal program pensiun dengan asumsi suku bunga mengikuti model vasicek. *Jurnal Matematika*, 7(2), 85-91.
- Winklevoss, H. E., 1993. *Pension Mathematics with Numerical Illustration*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Wulandari. (2018). Perhitungan dana pensiun dan aset dana pensiun dengan metode projected benefit cost berdasarkan asumsi tingkat bunga fuzzy.
- Yuda, W. A., Widana, I. N., & Sumarjaya, I. W. (2018). Perhitungan Aktuaria Manfaat Pensiun-Normal Suku Bunga Vasicek Menggunakan Metode Entry Age Normal. *E-Jurnal Matematika*, 2(7), 134-140.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Gaji PNS

MKG	GOLONGAN I				MKG	GOLONGAN II				MKG	GOLONGAN III			
	a	b	c	D		A	b	c	d		A	b	c	d
0	1.685.700													
1														
2	1.738.800													
3		1.840.800	1.918.700	1.999.900										
4	1.793.500													
5		1.898.800	1.979.100	2.062.900										
6	1.850.000				0	2.184.000								
7		1.958.600	2.041.500	2.127.800	1	2.218.400								
8	1.908.300				2									
9		2.020.300	2.105.800	2.194.800	3	2.288.200	2.385.000	2.485.900	2.591.100					
10	1.968.400				4									
11		2.083.900	2.172.100	2.264.000	5	2.360.300	2.460.100	2.564.200	2.672.700	0	2.785.700	2.903.600	3.026.400	3.154.400
12	2.030.400				6					1				
13		2.149.600	2.240.500	2.335.300	7	2.434.600	2.537.600	2.645.000	2.756.800	2	2.873.500	2.995.000	3.121.700	3.253.700
14	2.094.300				8					3				
15		2.217.300	2.311.100	2.408.800	9	2.511.300	2.617.500	2.728.300	2.843.700	4	2.964.000	3.089.300	3.220.000	3.356.200
16	2.160.300				10					5				
17		2.287.100	2.383.900	2.484.700	11	2.590.400	2.700.000	2.814.200	2.933.200	6	3.057.300	3.186.600	3.321.400	3.461.900
18	2.228.300				12					7				
19		2.359.100	2.458.900	2.562.900	13	2.672.000	2.785.000	2.902.800	3.025.600	8	3.153.600	3.287.000	3.426.000	3.571.000
20	2.298.500				14					9				
21		2.433.400	2.536.400	2.643.700	15	2.756.200	2.872.700	2.994.300	3.120.900	10	3.252.900	3.390.500	3.533.900	3.683.400
22	2.370.900				16					11				
23		2.510.100	2.616.300	2.726.900	17	2.843.000	2.963.200	3.088.600	3.219.200	12	3.355.400	3.497.300	3.645.200	3.799.400
24	2.445.500				18					13				
25		2.589.100	2.698.700	2.812.800	19	2.932.500	3.056.500	3.185.800	3.320.600	14	3.461.100	3.607.500	3.760.100	3.919.100
26	2.522.600				20					15				
27		2.670.700	2.783.700	2.901.400	21	3.024.900	3.152.800	3.286.200	3.425.200	16	3.570.100	3.721.100	3.878.500	4.042.500
					22					17				

					23	3.120.100	3.252.100	3.389.700	3.533.100	18	3.682.500	3.838.300	4.000.600	4.169.900
					24					19				
					25	3.218.400	3.354.500	3.496.400	3.644.300	20	3.798.500	3.959.200	4.126.600	4.301.200
					26					21				
					27	3.319.800	3.460.200	3.606.500	3.759.100	22	3.918.100	4.083.900	4.256.600	4.436.700
					28					23				
					29	3.424.300	3.569.200	3.720.100	3.877.500	24	4.041.500	4.212.500	4.390.700	4.576.400
					30					25				
					31	3.532.200	3.681.600	3.837.300	3.999.600	26	4.168.800	4.345.100	4.528.900	4.720.500
					32					27				
					33	3.643.400	3.797.500	3.958.200	4.125.600	28	4.300.100	4.482.000	4.671.600	4.869.200
										29				
										30	4.435.500	4.623.200	4.818.700	5.022.500
										31				
										32	4.575.200	4.768.800	4.970.500	5.180.700

Sumber:PP RI Nomor 5 Tahun 2024 Tentang Perubahan Kesembilan Belas Atas Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1977 Tentang Peraturan Gaji Pegawai Negeri Sipil

Lampiran 2 Tabel Mortalitas Indonesia 2019 Jenis Kelamin Perempuan

Usia	${}_tq_x$	${}_tP_x$	l_x
0	0,00266	0,99734	100.000,00000
1	0,00041	0,99959	99.959,00000
2	0,00031	0,99969	99.918,01681
3	0,00024	0,99976	99.887,04222
4	0,00021	0,99979	99.863,06933
5	0,00020	0,99980	99.842,09809
6	0,00022	0,99978	99.822,12967
7	0,00023	0,99977	99.800,16880
8	0,00022	0,99978	99.777,21476
9	0,00021	0,99979	99.755,26378
10	0,00019	0,99981	99.734,31517
11	0,00018	0,99982	99.715,36565
12	0,00020	0,99980	99.697,41688
13	0,00022	0,99978	99.677,47740
14	0,00023	0,99977	99.655,54836
15	0,00023	0,99977	99.632,62758
16	0,00024	0,99976	99.609,71208
17	0,00024	0,99976	99.585,80575
18	0,00025	0,99975	99.561,90515
19	0,00026	0,99974	99.537,01468
20	0,00027	0,99973	99.511,13505
21	0,00028	0,99972	99.484,26705
22	0,00030	0,99970	99.456,41145
23	0,00032	0,99968	99.426,57453
24	0,00034	0,99966	99.394,75802
25	0,00038	0,99962	99.360,96381
26	0,00042	0,99958	99.323,20664
27	0,00046	0,99954	99.281,49089
28	0,00049	0,99951	99.235,82141
29	0,00052	0,99948	99.187,19585
30	0,00056	0,99944	99.135,61851
31	0,00060	0,99940	99.080,10257

32	0,00064	0,99936	99.020,65450
33	0,00069	0,99931	98.957,28129
34	0,00074	0,99926	98.889,00076
35	0,00080	0,99920	98.815,82290
36	0,00086	0,99914	98.736,77024
37	0,00093	0,99907	98.651,85662
38	0,00100	0,99900	98.560,11039
39	0,00108	0,99892	98.461,55028
40	0,00118	0,99882	98.355,21181
41	0,00128	0,99872	98.239,15266
42	0,00141	0,99859	98.113,40654
43	0,00154	0,99846	97.975,06664
44	0,00169	0,99831	97.824,18504
45	0,00187	0,99813	97.658,86216
46	0,00209	0,99791	97.476,24009
47	0,00230	0,99770	97.272,51475
48	0,00253	0,99747	97.048,78797
49	0,00277	0,99723	96.803,25453
50	0,00305	0,99695	96.535,10952
51	0,00335	0,99665	96.240,67743
52	0,00368	0,99632	95.918,27116
53	0,00403	0,99597	95.565,29193
54	0,00442	0,99558	95.180,16380
55	0,00483	0,99517	94.759,46748
56	0,00524	0,99476	94.301,77925
57	0,00563	0,99437	93.807,63793
58	0,00601	0,99399	93.279,50092
59	0,00636	0,99364	92.718,89112
60	0,00671	0,99329	92.129,19898
61	0,00707	0,99293	91.511,01205
62	0,00746	0,99254	90.864,02920
63	0,00788	0,99212	90.186,18354
64	0,00833	0,99167	89.475,51641
65	0,00883	0,99117	88.730,18536
66	0,00940	0,99060	87.946,69782

67	0,01005	0,98995	87.119,99886
68	0,01076	0,98924	86.244,44287
69	0,01150	0,98850	85.316,45267
70	0,01229	0,98771	84.335,31346
71	0,01314	0,98686	83.298,83246
72	0,01406	0,98594	82.204,28580
73	0,01508	0,98492	81.048,49354
74	0,01620	0,98380	79.826,28226
75	0,01743	0,98257	78.533,09649
76	0,01879	0,98121	77.164,26462
77	0,02030	0,97970	75.714,34808
78	0,02326	0,97674	74.177,34682
79	0,02880	0,97120	72.451,98173
80	0,03569	0,96431	70.365,36466
81	0,04208	0,95792	67.854,02479
82	0,04907	0,95093	64.998,72743
83	0,05520	0,94480	61.809,23988
84	0,06086	0,93914	58.397,36983
85	0,06715	0,93285	54.843,30591
86	0,07318	0,92682	51.160,57791
87	0,08155	0,91845	47.416,64682
88	0,09045	0,90955	43.549,81927
89	0,10001	0,89999	39.610,73812
90	0,10913	0,89087	35.649,26820
91	0,11521	0,88479	31.758,86356
92	0,12499	0,87501	28.099,92489
93	0,13826	0,86174	24.587,71528
94	0,15451	0,84549	21.188,21776
95	0,17429	0,82571	17.914,42624
96	0,19155	0,80845	14.792,12089
97	0,20596	0,79404	11.958,69013
98	0,22227	0,77773	9.495,67831
99	0,23736	0,76264	7.385,07389
100	0,25810	0,74190	5.632,15275
101	0,28068	0,71932	4.178,49413

102	0,30562	0,69438	3.005,67440
103	0,33315	0,66685	2.087,08019
104	0,36369	0,63631	1.391,76942
105	0,39318	0,60682	885,59680
106	0,42883	0,57117	537,39785
107	0,46604	0,53396	306,94553
108	0,50427	0,49573	163,89664
109	0,54477	0,45523	81,24848
110	0,58702	0,41298	36,98675
111	100.000,00000	-99999,00000	15,27479

Lampiran 3 Tabel BI Rate Tahun 2014-2024

Tahun	t	BI Rate (i_t)
2014	0	7,54%
2015	1	7,52%
2016	2	6,00%
2017	3	4,56%
2018	4	5,10%
2019	5	5,83%
2020	6	4,25%
2021	7	3,52%
2022	8	4,00%
2023	9	5,81%
2024	10	6,10%

Lampiran 4 Tabel Perhitungan R_x

t	i_{t-1}
1	0,0754
2	0,0752
3	0,0600
4	0,0456
5	0,0510
6	0,0583
7	0,0425
8	0,0352
9	0,0400
10	0,0581
$R_x = \sum_{t=1}^n i_{t-1}$	0,5413

Lampiran 5 Tabel Perhitungan R_{xx}

t	i_{t-1}	$(i_{t-1})^2$
1	0,0754	0,0057
2	0,0752	0,0057
3	0,0600	0,0036
4	0,0456	0,0021
5	0,0510	0,0026
6	0,0583	0,0034
7	0,0425	0,0018
8	0,0352	0,0012
9	0,0400	0,0016
10	0,0581	0,0034
$R_{xx} = \sum_{t=1}^n (i_{t-1})^2$		0,0310

Lampiran 6 Tabel Perhitungan R_y

t	i_t
1	0,0752
2	0,0600
3	0,0456
4	0,0510
5	0,0583
6	0,0425
7	0,0352
8	0,0400
9	0,0581
10	0,0610
$R_y = \sum_{t=1}^n i_t$	0,5269

Lampiran 7 Tabel Perhitungan R_{yy}

t	i_t	$(i_t)^2$
1	0,0752	0,0057
2	0,0600	0,0036
3	0,0456	0,0021
4	0,0510	0,0026
5	0,0583	0,0034
6	0,0425	0,0018
7	0,0352	0,0012
8	0,0400	0,0016
9	0,0581	0,0034
10	0,0610	0,0037
$R_{yy} = \sum_{t=1}^n (i_t)^2$		0,0291

Lampiran 8 Tabel Perhitungan R_{xy}

t	i_t	i_{t-1}	$(i_t)(i_{t-1})$
1	0,0752	0,0754	0,00567008
2	0,0600	0,0752	0,004512
3	0,0456	0,0600	0,002736
4	0,0510	0,0456	0,0023256
5	0,0583	0,0510	0,0029733
6	0,0425	0,0583	0,00247775
7	0,0352	0,0425	0,001496
8	0,0400	0,0352	0,001408
9	0,0581	0,0400	0,002324
10	0,0610	0,0581	0,0035441
$R_{xy} = \sum_{t=1}^n i_{t-1} i_t$			0,0295

Lampiran 9 *Script R Studio* untuk menghitung simulasi tingkat suku bunga vasicek

Parameter Vasicek

```
r0 <- 0.061      # Nilai awal r(0)
theta <- 0.0510   # Tingkat rata-rata
c <- 0.3736       # Kecepatan konvergensi
sigma <- 0.0092   # Volatilitas
time_steps <- 36  # Jumlah langkah waktu
dt <- 1           # Interval waktu
```

Inisialisasi

```
set.seed(42)     # Untuk hasil yang dapat direproduksi
times <- 1:time_steps
r_values <- numeric(length = time_steps) # Vektor untuk hasil
r_values[1] <- r0 # Nilai awal
```

Simulasi Vasicek

```
for (t in 2:time_steps) {
  # Bagian deterministik
  deterministic_part <- r0 * exp(-c * times[t]) + theta * (1 - exp(-
c * times[t]))
  # Bagian stokastik
  dW <- rnorm(1, mean = 0, sd = sqrt(dt)) # Inkrementasi
Wiener
  stochastic_part <- sigma * exp(-c * times[t]) * dW
  # Gabungkan
  r_values[t] <- deterministic_part + stochastic_part
}
```

Hasil dalam DataFrame

```
results <- data.frame(Time = times, r_t = r_values)
print(results)
```

Plot hasil

```
plot(results$Time, results$r_t, type = "o", col = "blue",
```

```
xlab = "Waktu (t)", ylab = "Tingkat Suku Bunga  $r(t)$ ",  
main = "Simulasi Tingkat Suku Bunga dengan Model  
Vasicek")-
```

Lampiran 10 Tabel Perhitungan Faktor Diskonto Tingkat Suku Bunga Vasicek pada Tahun ke- t

t	$r(t)$	$1 + r(t)$	v^t
0			1,0000
1	0,0610	1,0610	0,9425
2	0,0617	1,0617	0,8877
3	0,0526	1,0526	0,8434
4	0,0540	1,0540	0,8002
5	0,0534	1,0534	0,7596
6	0,0525	1,0525	0,7217
7	0,0517	1,0517	0,6863
8	0,0522	1,0522	0,6522
9	0,0513	1,0513	0,6204
10	0,0517	1,0517	0,5899
11	0,0512	1,0512	0,5612
12	0,0512	1,0512	0,5338
13	0,0512	1,0512	0,5078
14	0,0510	1,0510	0,4832
15	0,0510	1,0510	0,4597
16	0,0510	1,0510	0,4374
17	0,0510	1,0510	0,4162
18	0,0510	1,0510	0,3960
19	0,0510	1,0510	0,3768
20	0,0510	1,0510	0,3585
21	0,0510	1,0510	0,3411
22	0,0510	1,0510	0,3245
23	0,0510	1,0510	0,3088
24	0,0510	1,0510	0,2938
25	0,0510	1,0510	0,2795
26	0,0510	1,0510	0,2660
27	0,0510	1,0510	0,2531
28	0,0510	1,0510	0,2408
29	0,0510	1,0510	0,2291
30	0,0510	1,0510	0,2180

31	0,0510	1,0510	0,2074
32	0,0510	1,0510	0,1973
33	0,0510	1,0510	0,1878
34	0,0510	1,0510	0,1787
35	0,0510	1,0510	0,1700
36	0,0510	1,0510	0,1617

Lampiran 11 Tabel Perhitungan anuitas awal seumur hidup peserta saat usia pensiun normal $r = 58$ tahun ($\ddot{a}_r$)

t	v^t	${}_tP_r$	$(v^t)({}_tP_r)$
0	1,0000	1,0000	1,0000
1	0,9425	0,9940	0,9368
2	0,8877	0,9877	0,8768
3	0,8434	0,9810	0,8274
4	0,8002	0,9741	0,7795
5	0,7596	0,9668	0,7344
6	0,7217	0,9592	0,6923
7	0,6863	0,9512	0,6528
8	0,6522	0,9428	0,6149
9	0,6204	0,9340	0,5794
10	0,5899	0,9246	0,5454
11	0,5612	0,9146	0,5133
12	0,5338	0,9041	0,4827
13	0,5078	0,8930	0,4535
14	0,4832	0,8813	0,4258
15	0,4597	0,8689	0,3994
16	0,4374	0,8558	0,3743
17	0,4162	0,8419	0,3504
18	0,3960	0,8272	0,3276
19	0,3768	0,8117	0,3058
20	0,3585	0,7952	0,2851
21	0,3411	0,7767	0,2649
22	0,3245	0,7543	0,2448
23	0,3088	0,7274	0,2246
24	0,2938	0,6968	0,2047
25	0,2795	0,6626	0,1852
26	0,2660	0,6260	0,1665
27	0,2531	0,5879	0,1488
28	0,2408	0,5485	0,1321
29	0,2291	0,5083	0,1165
30	0,2180	0,4669	0,1018

31	0,2074	0,4246	0,0881
32	0,1973	0,3822	0,0754
33	0,1878	0,3405	0,0639
34	0,1787	0,3012	0,0538
35	0,1700	0,2636	0,0448
36	0,1617	0,2271	0,0367
$\ddot{a}_r = \sum_{n=0}^{\infty} v^t {}_tP_r$			14,3103

Lampiran 12 Tabel Perhitungan Iuran Normal Metode TUC pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	b_x	v^{r-x}	$_{r-x}P_x$	$\ddot{a}_r$	$^{TUC}(NC)_x$
22	Rp655.200	0,1617	0,9379	14,3103	Rp1.422.307
23	Rp655.200	0,1700	0,9382	14,3103	Rp1.495.293
24	Rp655.200	0,1787	0,9385	14,3103	Rp1.572.056
25	Rp655.200	0,1878	0,9388	14,3103	Rp1.652.793
26	Rp655.200	0,1973	0,9392	14,3103	Rp1.737.746
27	Rp655.200	0,2074	0,9395	14,3103	Rp1.827.138
28	Rp655.200	0,2180	0,9400	14,3103	Rp1.921.206
29	Rp655.200	0,2291	0,9404	14,3103	Rp2.020.178
30	Rp655.200	0,2408	0,9409	14,3103	Rp2.124.312
31	Rp655.200	0,2531	0,9415	14,3103	Rp2.233.903
32	Rp655.200	0,2660	0,9420	14,3103	Rp2.349.242
33	Rp655.200	0,2795	0,9426	14,3103	Rp2.470.638
34	Rp655.200	0,2938	0,9433	14,3103	Rp2.598.439
35	Rp655.200	0,3088	0,9440	14,3103	Rp2.732.984
36	Rp655.200	0,3245	0,9447	14,3103	Rp2.874.663
37	Rp655.200	0,3411	0,9455	14,3103	Rp3.023.877
38	Rp655.200	0,3585	0,9464	14,3103	Rp3.181.079
39	Rp655.200	0,3768	0,9474	14,3103	Rp3.346.638
40	Rp655.200	0,3960	0,9484	14,3103	Rp3.521.080
41	Rp655.200	0,4162	0,9495	14,3103	Rp3.705.058
42	Rp655.200	0,4374	0,9507	14,3103	Rp3.899.109
43	Rp655.200	0,4597	0,9521	14,3103	Rp4.103.837
44	Rp655.200	0,4832	0,9535	14,3103	Rp4.319.897
45	Rp655.200	0,5078	0,9552	14,3103	Rp4.547.834
46	Rp655.200	0,5338	0,9569	14,3103	Rp4.789.828
47	Rp655.200	0,5612	0,9590	14,3103	Rp5.045.846
48	Rp655.200	0,5899	0,9612	14,3103	Rp5.316.191
49	Rp655.200	0,6204	0,9636	14,3103	Rp5.605.120
50	Rp655.200	0,6522	0,9663	14,3103	Rp5.909.123
51	Rp655.200	0,6863	0,9692	14,3103	Rp6.236.622
52	Rp655.200	0,7217	0,9725	14,3103	Rp6.580.853
53	Rp655.200	0,7596	0,9761	14,3103	Rp6.951.654
54	Rp655.200	0,8002	0,9800	14,3103	Rp7.352.807
55	Rp655.200	0,8434	0,9844	14,3103	Rp7.784.216
56	Rp655.200	0,8877	0,9892	14,3103	Rp8.233.171

57	Rp655.200	0,9425	0,9944	14,3103	Rp8.787.298
----	-----------	--------	--------	---------	--------------------

Lampiran 13 Tabel Perhitungan $\ddot{a}_{\overline{e:r-e}|}$ pada Iuran Normal Metode EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

t	v^t	${}_tP_e$	$(v^t)({}_tP_e)$
0	1,0000	1,0000	1,0000
1	0,9425	0,9997	0,9422
2	0,8877	0,9994	0,8872
3	0,8434	0,9990	0,8426
4	0,8002	0,9987	0,7991
5	0,7596	0,9982	0,7583
6	0,7217	0,9978	0,7201
7	0,6863	0,9973	0,6844
8	0,6522	0,9968	0,6501
9	0,6204	0,9962	0,6180
10	0,5899	0,9956	0,5873
11	0,5612	0,9950	0,5584
12	0,5338	0,9943	0,5308
13	0,5078	0,9936	0,5045
14	0,4832	0,9928	0,4797
15	0,4597	0,9919	0,4560
16	0,4374	0,9910	0,4335
17	0,4162	0,9900	0,4120
18	0,3960	0,9889	0,3916
19	0,3768	0,9878	0,3722
20	0,3585	0,9865	0,3536
21	0,3411	0,9851	0,3360
22	0,3245	0,9836	0,3192
23	0,3088	0,9819	0,3032
24	0,2938	0,9801	0,2880
25	0,2795	0,9780	0,2734
26	0,2660	0,9758	0,2595
27	0,2531	0,9733	0,2463
28	0,2408	0,9706	0,2337
29	0,2291	0,9677	0,2217
30	0,2180	0,9644	0,2102

31	0,2074	0,9609	0,1993
32	0,1973	0,9570	0,1889
33	0,1878	0,9528	0,1789
34	0,1787	0,9482	0,1694
35	0,1700	0,9432	0,1603
$\ddot{a}_{e:\overline{r-e} } = \sum_{t=0}^{r-e-1} v^t \cdot {}_tP_e.$			16,5697

Lampiran 14 Tabel Perhitungan Kewajiban Aktuaria Metode TUC pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	$(x - y)$	$TUC (NC)_x$	$TUC (AL)_x$
22	0	Rp1.422.307	Rp0
23	1	Rp1.495.293	Rp1.495.293
24	2	Rp1.572.056	Rp3.144.112
25	3	Rp1.652.793	Rp4.958.379
26	4	Rp1.737.746	Rp6.950.984
27	5	Rp1.827.138	Rp9.135.690
28	6	Rp1.921.206	Rp11.527.236
29	7	Rp2.020.178	Rp14.141.246
30	8	Rp2.124.312	Rp16.994.496
31	9	Rp2.233.903	Rp20.105.127
32	10	Rp2.349.242	Rp23.492.420
33	11	Rp2.470.638	Rp27.177.018
34	12	Rp2.598.439	Rp31.181.268
35	13	Rp2.732.984	Rp35.528.792
36	14	Rp2.874.663	Rp40.245.282
37	15	Rp3.023.877	Rp45.358.155
38	16	Rp3.181.079	Rp50.897.264
39	17	Rp3.346.638	Rp56.892.846
40	18	Rp3.521.080	Rp63.379.440
41	19	Rp3.705.058	Rp70.396.102
42	20	Rp3.899.109	Rp77.982.180
43	21	Rp4.103.837	Rp86.180.577
44	22	Rp4.319.897	Rp95.037.734
45	23	Rp4.547.834	Rp104.600.182
46	24	Rp4.789.828	Rp114.955.872
47	25	Rp5.045.846	Rp126.146.150
48	26	Rp5.316.191	Rp138.220.966
49	27	Rp5.605.120	Rp151.338.240
50	28	Rp5.909.123	Rp165.455.444
51	29	Rp6.236.622	Rp180.862.038
52	30	Rp6.580.853	Rp197.425.590

53	31	Rp6.951.654	Rp215.501.274
54	32	Rp7.352.807	Rp235.289.824
55	33	Rp7.784.216	Rp256.879.128
56	34	Rp8.233.171	Rp279.927.814
57	35	Rp8.787.298	Rp307.555.430

Lampiran 15 Tabel Perhitungan Kewajiban Aktuaria Metode EAN pada Tingkat Suku Bunga Vasicek

x	v^{r-x}	$\cdot r-x P_x$	$\ddot{a}_{x:r-x }$	$^{EAN}(NC)_x$	$^{EAN}(AL)_x$
22	-	-	-	Rp3.089.398	Rp0
23	0,1700	0,93817	16,39642	Rp3.089.398	Rp3.175.483
24	0,1787	0,93848	16,21456	Rp3.089.398	Rp6.500.785
25	0,1878	0,93879	16,02368	Rp3.089.398	Rp9.997.006
26	0,1973	0,93915	15,82364	Rp3.089.398	Rp13.673.342
27	0,2074	0,93955	15,61393	Rp3.089.398	Rp17.539.353
28	0,2180	0,93998	15,39404	Rp3.089.398	Rp21.605.107
29	0,2291	0,94044	15,16329	Rp3.089.398	Rp25.880.978
30	0,2408	0,94093	14,92109	Rp3.089.398	Rp30.378.021
31	0,2531	0,94146	14,66700	Rp3.089.398	Rp35.108.313
32	0,2660	0,94202	14,40036	Rp3.089.398	Rp40.084.256
33	0,2795	0,94262	14,12053	Rp3.089.398	Rp45.319.059
34	0,2938	0,94327	13,82692	Rp3.089.398	Rp50.826.943
35	0,3088	0,94397	13,51879	Rp3.089.398	Rp56.622.511
36	0,3245	0,94473	13,19549	Rp3.089.398	Rp62.721.730
37	0,3411	0,94554	12,85620	Rp3.089.398	Rp69.141.629
38	0,3585	0,94642	12,50017	Rp3.089.398	Rp75.900.842
39	0,3768	0,94737	12,12648	Rp3.089.398	Rp83.015.463
40	0,3960	0,94839	11,73427	Rp3.089.398	Rp90.507.048
41	0,4162	0,94951	11,32273	Rp3.089.398	Rp98.401.672
42	0,4374	0,95073	10,89076	Rp3.089.398	Rp106.722.043
43	0,4597	0,95207	10,43751	Rp3.089.398	Rp115.492.492
44	0,4832	0,95354	9,96175	Rp3.089.398	Rp124.740.490
45	0,5078	0,95516	9,46237	Rp3.089.398	Rp134.488.991
46	0,5338	0,95695	8,93811	Rp3.089.398	Rp144.820.427
47	0,5612	0,95895	8,38778	Rp3.089.398	Rp155.737.246
48	0,5899	0,96116	7,80972	Rp3.089.398	Rp167.255.563
49	0,6204	0,96360	7,20203	Rp3.089.398	Rp179.534.405
50	0,6522	0,96628	6,56309	Rp3.089.398	Rp192.452.416
51	0,6863	0,96923	5,89058	Rp3.089.398	Rp206.320.047
52	0,7217	0,97249	5,18271	Rp3.089.398	Rp220.899.245
53	0,7596	0,97608	4,43666	Rp3.089.398	Rp236.552.966
54	0,8002	0,98003	3,64910	Rp3.089.398	Rp253.427.520
55	0,8434	0,98438	2,81676	Rp3.089.398	Rp271.529.695
56	0,8877	0,98916	1,93757	Rp3.089.398	Rp290.408.249
57	0,9425	0,99437	1,00000	Rp3.089.398	Rp313.253.332

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Ardiana Huzni Mardiana
2. Tempat & Tgl. Lahir : Temanggung, 30 Juni 2002
3. Alamat Rumah : Jln. Mujahidin, Kepatihan RT.03
RW.03 Kel. Temanggung II, Kab.
Temanggung
4. Nomor Hp : 0895422261596
5. E-mail : 2108046051@student.walisongo.ac.id

B. Riwayat Pendidikan

1. TK Kemala Bhayangkari 86 Temanggung lulus tahun 2009
2. SD Negeri 2 Temanggung II lulus tahun 2015
3. SMP Negeri 1 Temanggung lulus tahun 2018
4. SMA Negeri 2 Temanggung lulus tahun 2021