



## Implementasi Pendekatan Aktuarial Untuk Perhitungan Dana Pensiun

Anita Talia<sup>1\*</sup>, Danu Rama Dani<sup>2</sup>, Zahra Putri<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Jurusan Matematik, FMIPA Unimed, Indonesia

[anitatalia@mhs.unimed.ac.id](mailto:anitatalia@mhs.unimed.ac.id)<sup>1\*</sup>, [danu@mhs.unimed.ac.id](mailto:danu@mhs.unimed.ac.id)<sup>2</sup>, [zp00482@gmail.com](mailto:zp00482@gmail.com)<sup>3</sup>

Alamat: Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221

Korespondensi penulis: [anitatalia@mhs.unimed.ac.id](mailto:anitatalia@mhs.unimed.ac.id)\*

**Abstract.** A pension fund program is a crucial instrument in the social security system, playing a vital role in ensuring economic stability and financial well-being for individuals in their later years. This program is designed as a form of long-term financial planning aimed at providing protection for workers after they enter retirement. Through this, workers are promised structured benefits in the form of pension funds or allowances, ensuring sustainable income security. Long-term financial planning, particularly for retirement, has become an essential need in the modern economy. This research explores the implementation of actuarial approaches in pension fund calculations utilizing Python programming to enhance the calculation process. The research aims to determine the total promised pension funds allocated across the working period to calculate funding requirements more systematically. Simulated data is used to compare manual calculation results with Python-based estimations. Python is expected to provide additional efficiency in estimating future pension needs. The findings demonstrate that actuarial calculation methods, supported by programming technology, can enhance accuracy in projections and assist in determining the appropriate amount for pension fund programs.

**Keywords:** Pension Fund, Python, Actuarial

**Abstrak.** Program dana pensiun merupakan salah satu instrumen dalam sistem jaminan sosial yang memegang peranan krusial dalam memastikan kestabilan ekonomi dan kesejahteraan finansial individu di usia lanjut. Program ini dirancang sebagai suatu bentuk perencanaan keuangan jangka panjang yang bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi para pekerja setelah mereka memasuki masa pensiun. Melalui ini, pekerja dijanjikan manfaat berupa dana atau tunjangan pensiun yang terstruktur, sehingga dapat memberikan jaminan pendapatan berkelanjutan. Perencanaan keuangan jangka panjang, khususnya untuk masa pensiun, menjadi kebutuhan yang krusial di era ekonomi modern. Penelitian ini mengeksplorasi implementasi pendekatan aktuarial dalam perhitungan dana pensiun dengan memanfaatkan pengembangan perhitungan menggunakan bahasa pemrograman Python. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui total dana pensiun yang dijanjikan ke dalam periode masa kerja untuk menghitung kebutuhan dana secara lebih terstruktur. Dengan data yang digunakan adalah data yang berbentuk simulasi dan dengan membandingkan hasil perhitungan estimasi data secara manual dengan Python diharapkan Python memberikan efisiensi tambahan dalam estimasi kebutuhan dana pensiun di masa depan. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode dengan pendekatan perhitungan aktuarial yang dikembangkan dengan berbasis teknologi bahasa pemrograman dapat meningkatkan perhitungan dan proyeksi serta membantu perhitungan besaran dana program pensiun.

**Kata Kunci:** Dana Pensiun, Python, Aktuarial

### 1. LATAR BELAKANG

Pada zaman ekonomi global yang semakin kompleks dan dinamis, perencanaan keuangan jangka panjang, khususnya untuk masa pensiun, menjadi semakin krusial. Masa pensiun merupakan fase di mana seorang pegawai tidak lagi terlibat secara aktif dalam aktivitas pekerjaan. Setiap pegawai akan mencapai usia pensiun, yaitu suatu kondisi di mana ia tidak dapat lagi memberikan kontribusi profesional di institusi tempatnya bekerja. Pada saat

memasuki usia pensiun, timbul potensi kekhawatiran terkait ketidakmampuan memperoleh pendapatan tetap yang dapat menjamin kesejahteraan hidup di masa lanjut usia (Yulia Arfa, 2023).

Jumlah pegawai yang memasuki masa pensiun setiap tahunnya di suatu perusahaan sering kali sulit diprediksi, sehingga perusahaan perlu melakukan perhitungan anuitas secara sistematis untuk menjaga stabilitas keuangan dan menghindari potensi kerugian. Perhitungan ini menjadi krusial karena perusahaan memiliki kewajiban membayarkan dana pensiun kepada pegawai yang memasuki masa pensiun, baik karena usia, pensiun dini, disabilitas, maupun kematian saat masih aktif bekerja. Tanpa persiapan dan perhitungan yang matang melalui program dana pensiun yang terstruktur, perusahaan berisiko menghadapi ketidakseimbangan keuangan yang dapat memengaruhi arus kas dan keberlanjutan operasional. Oleh karena itu, implementasi program dana pensiun dengan perhitungan anuitas yang tepat merupakan langkah strategis untuk memastikan perusahaan mampu memenuhi kewajiban finansialnya secara berkelanjutan (Gusti et al., 2014).

Dalam konteks ini, pendekatan aktuaria memainkan peran vital. Aktuaria, sebagai disiplin ilmu yang mengaplikasikan metode matematika dan statistik untuk menganalisis risiko finansial, menyediakan kerangka kerja komprehensif untuk menghitung iuran yang diperlukan, memproyeksikan kewajiban masa depan, dan mengevaluasi kesehatan finansial program dana pensiun (Yulia Arfa, 2023). Dengan menerapkan berbagai model aktuaria, kita dapat memperkirakan kewajiban di masa mendatang, menetapkan besaran iuran yang sesuai, serta mengelola aset secara lebih optimal (Divani, 2022).

Namun, keberlangsungan dan keberlanjutan program ini sangat bergantung pada metode perhitungan yang akurat dan komprehensif. Perhitungan yang cermat dan akurat atas dana pensiun menjadi sangat penting untuk memastikan keberlanjutan program dan pemenuhan kewajiban kepada peserta. Inovasi dalam penggunaan teknologi pemrograman, khususnya Python, untuk menerapkan metode aktuaria memberikan keuntungan tambahan. Penggunaan perangkat lunak pemrograman seperti Python dalam perhitungan aktuaria menawarkan fleksibilitas dan efisiensi yang tinggi. Python, dengan berbagai pustaka yang mendukung analisis data dan perhitungan matematis, memungkinkan para aktuaria untuk melakukan simulasi dan perhitungan yang kompleks dengan lebih mudah dan cepat. Hal ini sangat penting, terutama dalam konteks perhitungan dana pensiun yang melibatkan banyak variabel dan asumsi, seperti tingkat bunga, inflasi, dan harapan hidup (Setiawan & Suwarman, 2018; Delianti & Rohaeni, 2022). Dengan berbagai pustaka statistik dan matematikanya, Python memungkinkan para peneliti dan praktisi untuk melakukan simulasi serta analisis data

secara lebih komprehensif, sehingga dapat menghasilkan estimasi yang lebih tepat mengenai kebutuhan dana pensiun di masa mendatang (Izzati & Kartikasari, 2022a).

Dalam penelitian ini, kami akan membahas implementasi fungsi-fungsi dasar aktuarial dalam perhitungan dana pensiun menggunakan Python dan data simulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana metode-metode aktuarial dapat diimplementasikan secara praktis melalui pemrograman, serta untuk menganalisis hasil perhitungan yang diperoleh dari simulasi tersebut. Kami akan merujuk pada berbagai studi sebelumnya yang telah menggunakan metode serupa, termasuk analisis terhadap iuran normal dan kewajiban aktuarial yang diperlukan untuk memastikan keberlanjutan program pensiun (Arfa, 2017; Syahrini et al., 2020; Baitirahmah et al., 2019; Fridayanti, 2016).

Salah satu tantangan utama dalam perhitungan dana pensiun adalah ketidakpastian yang terkait dengan proyeksi masa depan. Faktor-faktor seperti perubahan kebijakan pemerintah, fluktuasi pasar, dan perubahan perilaku individu dapat mempengaruhi hasil perhitungan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis sensitivitas dan skenario untuk memahami bagaimana perubahan dalam asumsi dasar dapat mempengaruhi kewajiban pensiun (Nirwesti, 2023; Miranda & Arnellis, 2022). Dengan menggunakan Python, kami dapat dengan mudah melakukan simulasi berbagai skenario dan menganalisis dampaknya terhadap hasil perhitungan.

Selain itu, penelitian ini juga akan membahas pentingnya transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan dana pensiun. Dengan menggunakan metode aktuarial yang tepat dan perangkat lunak yang efisien, organisasi dapat memberikan informasi yang jelas dan akurat kepada peserta tentang status dana pensiun mereka. Hal ini tidak hanya meningkatkan kepercayaan peserta, tetapi juga membantu dalam perencanaan keuangan jangka panjang (Syahrini et al., 2020; Andani, 2023; Andriananda, 2023).

Akhirnya, kami berharap penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman dan praktik perhitungan dana pensiun di Indonesia, serta mendorong penggunaan teknologi modern dalam bidang aktuarial. Dengan demikian, diharapkan bahwa program pensiun dapat dikelola dengan lebih baik, memberikan manfaat yang lebih besar bagi peserta, dan memastikan keberlanjutan finansial di masa depan (Sinay et al., 2018; Rahmalita, 2020; Delianti & Rohaeni, 2022).

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Tabel Mortalitas

Tabel mortalitas merupakan tabel yang menyajikan kemungkinan seseorang meninggal pada usia tertentu. Tabel ini melacak kelompok individu yang lahir pada tahun yang sama dari lahir hingga meninggal, sehingga dapat digambarkan harapan hidup populasi tersebut (Widhiatmoko, 2024). Rumus terkait tabel mortalitas ditunjukkan oleh (Izzati & Kartikasari, 2022b)

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

Keterangan:

$d_x$  = Banyaknya orang yang meninggal antara usia  $x$  dan  $x + 1$  tahun

$l_x$  = Banyaknya orang yang hidup tepat usia  $x$  tahun

$l_{x+1}$  = Banyaknya orang yang hidup tepat usia  $x + 1$  tahun

### Fungsi Dasar Aktuaria untuk Dana Pensiun

#### a. Fungsi *Survival* (Kelangsungan Hidup)

Fungsi *survival* atau fungsi kelangsungan hidup merupakan sebuah fungsi yang menggambarkan peluang hidup seorang karyawan akan tetap bekerja hingga masa pensiun yang diizinkan. Peluang hidup ini dinotasikan dengan  ${}_nP_x$  dan dapat dicari dengan rumus berikut (Apriliani & Granita, 2024; Izzati & Kartikasari, 2022b):

$${}_nP_x = \frac{l_{x+n}}{l_x}$$

Keterangan:

${}_nP_x$  = Probabilitas peserta usia  $x$  tahun akan bekerja sampai  $x + n$  tahun

$l_{x+n}$  = Jumlah peserta aktif kerja pada usia  $x + n$  tahun

$l_x$  = Jumlah peserta aktif kerja pada usia  $x$  tahun

#### b. Fungsi Bunga

Fungsi bunga digunakan untuk menghitung nilai diskonto dari pembayaran yang akan diterima di masa depan, sehingga dapat disetarakan dengan nilai saat ini. Jika  $i$  merupakan tingkat suku bunga yang berlaku untuk setiap tahun pada  $t = 1, 2, \dots, n$ , maka nilai saat ini dalam satuan mata uang pada tahun tertentu dapat dihitung dengan rumus berikut (Apriliani & Granita, 2024):

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

Keterangan:

$v^n$  = Faktor diskonto

$i$  = Tingkat suku bunga

### c. Fungsi Gaji

Gaji merujuk pada pembayaran berkala yang diberikan oleh pemberi kerja kepada karyawannya sesuai dengan kesepakatan dalam kontrak kerja. Besaran gaji dapat dihitung dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kenaikan gaji dan lama masa kerja. Hal ini disebut dengan fungsi kenaikan gaji. Gaji saat ini untuk seorang karyawan yang berusia  $x$  tahun dilambangkan dengan  $s_x$ , dan  $S_x$  menunjukkan total kumulatif gaji yang diterima sejak berusia  $e$  tahun hingga usia  $x - 1$  tahun, dengan ketentuan  $x > e$ . Fungsi kenaikan gaji ini dirumuskan sebagai berikut (Apriliani & Granita, 2024; Izzati & Kartikasari, 2022b):

$$S_x = \sum_{t=e}^{x-1} S_t$$

Jika kenaikan gaji seorang peserta sebesar  $s\%$  setiap tahun, maka besar gaji peserta saat berusia  $x + t$  dinyatakan dengan rumus (Izzati & Kartikasari, 2022b):

$$S_{x+t} = S_x(1 + s)^t$$

Keterangan:

$S_x$  = Akumulasi gaji dari usia masuk  $e$  hingga usia  $x - 1$  tahun

$s$  = Tingkat kenaikan gaji (%)

### d. Fungsi Anuitas

Dalam pembahasan dana pensiun, fungsi kelangsungan hidup dan fungsi bunga digabungkan dalam anuitas hidup (anuitas jiwa) yang ditunjukkan oleh rumus berikut (Apriliani & Granita, 2024):

$$\ddot{a} = 1 + \sum_{n=1}^{r-x-1} nP_x v^n$$

Keterangan:

$\ddot{a}$  = Anuitas jiwa

$nP_x$  = Fungsi kelangsungan hidup

$v^n$  = Faktor diskonto

### e. Fungsi Manfaat

Fungsi manfaat merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung jumlah manfaat pensiun yang akan didapatkan peserta pada saat berhenti bekerja. Dalam penentuan besar manfaat pensiun, ada tiga skala gaji yang dapat digunakan, yaitu (Apriliani & Granita, 2024):

## 1) Asumsi gaji terakhir

$$B_r = k(r - y)s_{r-1}$$

Keterangan:

 $S_{r-1}$  = Besar gaji peserta pada usia  $r - 1$  $r$  = Usia pensiun $y$  = Usia awal bekerja $k$  = Proporsi gaji yang disiapkan untuk manfaat pensiun

## 2) Asumsi rata-rata gaji selama bekerja

$$B_r = kS_{r-1}$$

Keterangan:

 $S_{r-1}$  = Besar total gaji peserta pada usia  $r - 1$ 3) Asumsi rata-rata gaji selama  $n$  tahun

$$B_r = k(r - y) \frac{1}{n} \sum_{t=r-n}^{r-1} s_x (1 + c)^t$$

Keterangan:

 $t$  = waktu (tahun) $n$  = masa kerja

Kemudian untuk menghitung *Present Value of Future Benefit* (PVFB), yaitu manfaat pensiun yang akan didapatkan peserta dana pensiun saat peserta berusia  $r$  tahun, dapat dicari dengan rumus berikut:

$${}^r(PVFB)_x = B_r \ddot{a}_x v^{r-x} {}_{r-x}p_x$$

Keterangan:

${}_{r-x}p_x$  = Peluang seseorang yang akan berusia  $x$  tahun akan bertahan hidup dalam rentang waktu  $r$  tahun

$B_r$  = Manfaat pensiun pada saat  $r$  tahun

$r$  = Usia pensiun

$\ddot{a}_r$  = Nilai sekarang dan anuitas hidup seumur hidup pada  $r$  tahun

$v^{r-x}$  = Fungsi diskonto dari usia  $x$  sampai usia  $r$  tahun

**f. Projected Unit Credit (PUC)**

Metode *projected unit credit* mencakup perhitungan pembagian total manfaat pensiun pada usia pensiun normal dengan total masa kerja untuk mendapatkan unit manfaat pensiun, yang kemudian akan dialokasikan setiap tahunnya selama masa kerja (Bowers et al., 1997).

Perhitungan dana pensiun dalam metode ini mencakup beberapa hal, yaitu (Apriliani & Granita, 2024):

**1) Iuran Normal (*Normal Cost*)**

$$\begin{aligned} {}^{\text{PUC}}(NC)_x &= \frac{1}{r-y} {}^r(PVFB)_x \\ &= \frac{1}{r-y} B_r \ddot{a}_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \end{aligned}$$

**2) Kewajiban Aktuarial (*Actuarial Liability*)**

$$\begin{aligned} {}^{\text{PUC}}(AL)_x &= \frac{x-y}{r-y} {}^r(PVFB)_x \\ &= \frac{x-y}{r-y} B_r \ddot{a}_r v^{r-x} {}_{r-x}P_x \end{aligned}$$

**3) Nilai Akhir Iuran Normal**

$${}^r(NA)_y = \sum_{x=y}^{r-1} (NC)_x (1+i)^{r-x}$$

Keterangan:

${}^{\text{PUC}}(NC)_x$  = Iuran pensiun untuk peserta saat berusia  $x$  tahun menggunakan metode *projected unit credit tipe constant dollar*

${}^{\text{PUC}}(AL)_x$  = Kewajiban aktuarial untuk peserta berusia  $x$  tahun dengan metode PUC

${}^r(NA)_y$  = Total nilai akhir iuran normal yang dibayar peserta saat berusia  $y$  tahun dan masih hidup saat memasuki usia pensiun  $r$  tahun

${}_{r-x}P_x$  = Peluang seseorang berusia  $x$  bertahan hidup dalam jangka waktu  $r$  tahun

$B_r$  = Manfaat pensiun pada saat  $r$  tahun

$r$  = Usia pensiun

$\ddot{a}_r$  = Nilai sekarang dan anuitas hidup seumur hidup pada  $r$  tahun

$v^{r-x}$  = Fungsi diskonto dari usia  $x$  sampai  $r$  tahun

## Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang serbaguna, populer, dan banyak digunakan karena sintaksnya yang mudah dibaca. Bahasa pemrograman ini dibuat oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Keunggulan dari bahasa pemrograman ini di antaranya penulisan sintaks yang mudah, *library* yang lengkap, dan *open source*. Untuk menulis kode Python, dapat digunakan beberapa IDE seperti Visual Studio Code, Sublime Text, PyCharm, atau *platform* daring seperti Jupyter Notebook dan Google Colab (Riziq sirfatullah Alfarizi et al., 2023).

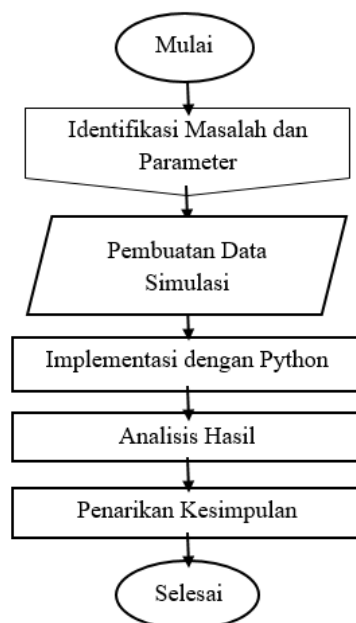
### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur berbasis pemrograman. Dikutip dari M. Nazir (Riziq sirfatullah Alfarizi et al., 2023), studi literatur adalah penelitian yang dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber tertulis seperti buku-buku, literatur-literatur, catatan-catatan, serta laporan-laporan yang berkaitan dengan masalah yang dikaji. Dalam penelitian ini, kepustakaan meliputi *e-book* dan jurnal seputar fungsi aktuaria dana pensiun dan bahasa pemrograman Python.

Penelitian ini dimulai dengan identifikasi permasalahan yang berfokus pada kebutuhan perhitungan dana pensiun melalui pendekatan aktuaria. Data yang digunakan adalah data simulasi yang dirancang berdasarkan parameter demografis dan finansial, seperti usia awal pekerja, tingkat gaji tahunan, tingkat kenaikan gaji, tingkat pengembalian investasi, dan probabilitas bertahan kerja. Data simulasi ini kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Python untuk melakukan perhitungan nilai tunai, anuitas, serta estimasi kebutuhan dana pensiun, melalui penerapan fungsi-fungsi matematis berbasis teori aktuaria.

Hasil perhitungan yang diperoleh divalidasi melalui perbandingan dengan metode manual, serta dianalisis sensitivitasnya terhadap variasi parameter yang digunakan. Penelitian ini diakhiri dengan penarikan kesimpulan mengenai efektivitas implementasi Python dalam mendukung perhitungan dana pensiun, serta penyusunan rekomendasi terkait parameter yang optimal untuk pengelolaan dana pensiun secara efisien.

Berikut tahapan penelitian yang dilakukan:





Dengan alur yang terstruktur, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam penggunaan metode simulasi untuk menghitung kebutuhan dana pensiun secara lebih efisien dan akurat.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan aktuarial dalam perhitungan dana pensiun melibatkan beberapa faktor seperti usia pensiun, durasi pensiun, tingkat diskonto (bunga), dan tingkat mortalitas. Pada umumnya, dalam simulasi anuitas, kita menghitung jumlah yang harus dibayar selama masa pensiun yang ditentukan berdasarkan nilai saat ini dari pembayaran masa depan.

Pada penelitian ini, akan digunakan data simulasi yang menentukan jumlah yang harus dibayar selama masa pensiun yang ditentukan, dalam kasus ini misalnya diketahui bahwa seorang individu pensiun ingin menghitung jumlah pembayaran bulanan yang harus diterima oleh individu pensiun tersebut untuk mendistribusikan dana pensiun sebesar Rp.1.000.000 selama 20 tahun masa pensiun. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan anuitas tetap, di mana pembayaran bulanan dihitung berdasarkan asumsi tingkat bunga tahunan sebesar 6%. Maka, langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

##### a. Menghitung Tingkat Bunga Bulanan (faktor diskonto)

Tingkat bunga tahunan yang diasumsikan adalah 6%. Untuk menentukan tingkat bunga bulanan, tingkat bunga tahunan ini dibagi dengan jumlah bulan dalam setahun, yaitu 12 bulan. Dengan demikian, tingkat bunga bulanan ( $i$ ) dihitung sebagai:

$$\begin{aligned} i &= \frac{r}{\text{bulan per tahun}} \\ &= \frac{0,06}{12} \\ &= 0,005 \text{ (atau bunga 0,5\% per bulan)} \end{aligned}$$

##### b. Menghitung Jumlah Total Bulan dalam Masa Pensiun

Masa pensiun dalam kasus ini diasumsikan berlangsung selama 20 tahun. Karena pembayaran dilakukan setiap bulan, jumlah total pembayaran yang akan dilakukan adalah:

$$\begin{aligned} n_{\text{bulan}} &= n_{\text{tahun}} \cdot \text{bulan per tahun} \\ &= 20 \cdot 12 \\ &= 240 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Dengan total 240 bulan, ini merepresentasikan jumlah periode pembayaran anuitas selama masa pensiun.

### c. Menghitung Besarnya Pembayaran Bulanan (PMT)

Rumus dasar untuk menghitung pembayaran anuitas bulanan adalah:

$$PMT = \frac{A \cdot i}{1 - (1 + i)^{-n_{bulan}}}$$

Di mana:

- adalah jumlah dana pensiun yang diinginkan (Rp.1.000.000)
- $i$  adalah bunga per bulan (0,005)
- $n_{bulan}$  adalah jumlah total bulan dalam masa pensiun (240 bulan)

### d. Substitusi nilai-nilai ini ke dalam rumus menghasilkan:

$$\begin{aligned} PMT &= \frac{1.000.000 \cdot 0,005}{1 - (1 + 0,005)^{-240}} \\ &= \text{Rp.7.164.571,67} \end{aligned}$$

Maka dari itu, pembayaran bulanan yang diperlukan dalam kasus ini adalah Rp.7.164.571,67

Setelah melakukan perhitungan secara manual, akan dibandingkan dengan hasil dari menggunakan program *Python*. Dengan menerapkan konsep perhitungan yang digunakan, hasil yang diperoleh sebagai berikut:

**Kode Python:**

```
A = 1000000000 # Dana pensiun (Rp 1.000.000.000)
bunga_tahunan = 0.06 # Bunga tahunan (6%)
bulan_per_tahun = 12 # Pembayaran bulanan
masa_pensiun = 20 # Masa pensiun dalam tahun
i = bunga_tahunan / bulan_per_tahun # Tingkat bunga per bulan
n_bulan = masa_pensiun * bulan_per_tahun
PMT = (A * i) / (1 - (1 + i) ** -n_bulan)
print(f "Pembayaran bulanan anuitas: Rp {PMT:,.2f}")
```

**Output:**

```
"Pembayaran bulanan anuitas: Rp 7.164.571,67"
```

Output hasil dari kode Python diatas menghasilkan pembayaran bulanan yang diperlukan dalam kasus ini, yaitu Rp.7.164.571,67

Dengan menggunakan data simulasi yang dapat diinput sesuai dengan kasus yang ada, diperoleh bahwa hasil yang didapat dari perhitungan manual dan dengan menggunakan program python hasilnya sama, sehingga program yang digunakan tersebut dapat berfungsi sebagai penghitung dalam menentukan dana pensiun. Dengan menginput data kasus yang diberikan, maka akan diperoleh hasil sesuai dengan data kasus yang diberikan. Dan dalam kasus ini, pembayaran bulanan anuitas yang diperoleh adalah Rp.7.164.571,67.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penerapan pendekatan aktuarial dalam perhitungan dana pensiun terbukti efektif dalam menghasilkan estimasi kebutuhan dana yang akurat dan efisien. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi berbasis Python dapat meningkatkan presisi perhitungan dan mempermudah penyusunan proyeksi dana pensiun. Kemampuan Python dalam menangani data kompleks dan otomatisasi perhitungan berulang memberikan efisiensi yang sulit dicapai dengan metode konvensional, memastikan hasil yang lebih terstruktur dan konsisten.

Secara keseluruhan, penggunaan teknologi pemrograman dalam pendekatan aktuarial memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas perencanaan keuangan jangka panjang, terutama untuk program dana pensiun. Hasil perhitungan yang lebih akurat mendukung pengambilan keputusan yang tepat, yang pada gilirannya berkontribusi pada kestabilan ekonomi dan kesejahteraan finansial individu di masa pensiun.

### Saran

Meskipun hasil penelitian ini menunjukkan efektivitas penggunaan Python dalam perhitungan dana pensiun, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data simulasi, yang mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data riil dari lembaga keuangan atau perusahaan asuransi untuk memperkuat validitas hasil. Kedua, model yang diterapkan hanya mengacu pada asumsi-asumsi tertentu terkait tingkat pengembalian investasi, inflasi, dan lainnya, yang bisa berbeda dalam kondisi nyata. Penelitian lebih lanjut dapat mencoba berbagai skenario atau variabel tambahan yang lebih kompleks untuk meningkatkan akurasi prediksi dana pensiun.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel yang berjudul *Implementasi Pendekatan Aktuarial untuk Perhitungan Dana Pensiun* dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan apresiasi yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan dan ilmu yang diberikan, serta kepada keluarga dan rekan-rekan yang senantiasa memberikan dukungan moril dan motivasi.

Penulis berharap artikel ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu aktuaria, khususnya terkait perhitungan dana pensiun. Penulis juga menerima dengan terbuka segala kritik dan saran yang konstruktif demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

## DAFTAR REFERENSI

- Andani, T. (2023). Perbandingan metode attained age normal dan projected unit credit dalam pendanaan pensiun. *Jurnal Riset Matematika*, 111-120. <https://doi.org/10.29313/jrm.v3i2.2830>
- Andriananda, S. (2023). Kajian metode entry age normal dan projected unit credit untuk menghitung kewajiban aktuaria pegawai pemerintah dengan perjanjian kerja. *Mathunesa Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 443-457. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n3.p443-457>
- Apriliansi, A., & Granita, G. (2024). Perhitungan biaya pensiun menggunakan metode projected unit credit tipe constant dollar. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 10(2). <https://doi.org/10.24014/jsms.v10i2.28055>
- Arfa, Y. (2017). Perhitungan dana pensiun dengan metode projected unit credit dan individual level premium. *Jurnal Matematika Unand*, 6(3), 124. <https://doi.org/10.25077/jmu.6.3.124-132.2017>
- Baitirahmah, N., Susanti, D., & Lestia, A. (2019). Metode PUC dan ILP untuk perhitungan aktuaria dan aset pasar program pensiun. *Jurnal Matematika Murni Dan Terapan Epsilon*, 12(2), 60. <https://doi.org/10.20527/epsilon.v12i2.313>
- Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. (1997). *Actuarial mathematics* (2nd ed.). The Society of Actuaries.
- Delianti, J., & Rohaeni, O. (2022). Model perhitungan pendanaan program pensiun manfaat pasti menggunakan metode projected unit credit. *Jurnal Riset Matematika*, 83-92. <https://doi.org/10.29313/jrm.v2i2.1162>
- Divani, B. T. (n.d.). Perhitungan aktuaria manfaat pensiun normal dengan menggunakan metode individual level premium dan attained age normal.
- Fridayanti, F. (2016). Perhitungan biaya normal program pensiun usia normal dengan metode entry age normal (percent dollar). *Jurnal Vokasi Indonesia*, 2(1). <https://doi.org/10.7454/jvi.v2i1.18>
- Gusti, I., Komang, A., Wardhani, K., Nyoman Widana, I., Ketut, N. I., & Tastrawati, T. (2014). Perhitungan dana pensiun dengan metode projected unit credit dan individual level premium (Vol. 3, Issue Mei).
- Izzati, M. D., & Kartikasari, M. D. (2022b). Implementasi metode perhitungan aktuaria program dana pensiun menggunakan Flask. *Jambura Journal of Mathematics*, 4(2), 247–264. <https://doi.org/10.34312/jjom.v4i2.12954>

- Miranda, D., & Arnellis, A. (2022). Penggunaan metode attained age normal dan projected unit credit pada perhitungan pembiayaan dana pensiun (studi kasus: Perumda Tirta Sakti Kerinci). *Journal of Mathematics Unp*, 7(4), 94. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v7i4.13669>
- Nirwesti, G. (2023). Populasi menua dan urgensi reformasi sistem pensiun. *Bappenas Working Papers*, 6(3), 335-347. <https://doi.org/10.47266/bwp.v6i3.232>
- Rahmalita, N. (2020). Perhitungan dana pensiun dengan metode traditional unit credit (TUC) pada tingkat suku bunga konstan dan model Vasicek (studi kasus: guru honorer Kemenag di Kecamatan Kapuas). *Bimaster Buletin Ilmiah Matematika Statistika Dan Terapannya*, 9(4). <https://doi.org/10.26418/bbimst.v9i4.43318>
- Riziq Sirfatullah Alfarizi, M., Zidan Al-Farish, M., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., & Elgar, M. (2023). Penggunaan Python sebagai bahasa pemrograman untuk machine learning dan deep learning. *Karimah Tauhid*, 2(1), 1–6.
- Setiawan, E., & Suwarman, R. (2018). Analisis perbandingan fungsi kernel dalam perhitungan economic capital untuk risiko operasional menggunakan bahasa pemrograman Python. *Matematika*, 17(2). <https://doi.org/10.29313/jmtm.v17i2.4112>
- Sinay, L., Pattireuw, D., & Wattimena, A. (2018). Penentuan program dana pensiun pada gereja protestan maluku menggunakan metode individual level premium. *Barekeng Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 12(2), 117-126. <https://doi.org/10.30598/vol12iss2pp117-126ar624>
- Studi Matematika, P. (n.d.). Perhitungan dana pensiun dengan metode projected unit credit dan individual level premium Yulia Arfa. *Jurnal Matematika UNAND*, 3, 124–132.
- Syahrini, I., Nurmaulidar, N., Maulidi, I., & Alfira, M. (2020). Aplikasi metode entry age normal dan projected unit credit untuk iuran normal dan kewajiban aktuarial pada dana pensiun PNS. *Journal of Data Analysis*, 2(1), 43-52. <https://doi.org/10.24815/jda.v2i1.14377>
- Widhiatmoko, F. (2024). Estimasi peluang mortalitas stokastik model PLAT pada penduduk laki-laki Indonesia dengan generalized non-linear models. 3(1), 17–25. <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/Basis>