Pentagon : Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Volume. 2 No. 4 Desember 2024
e-ISSN: 3062-8652; p-ISSN :3048-1732: Hal: 12-23
DOI: https://doi.org/10.62383/pentagon.v2i3.267
Available Online at: https://journal.arimsi.or.id/index.php/Pentagon

Penggunaan Python Dalam Menyelesaikan Permasalahan Supremum dan Infimum Suatu Himpunan

Annisa Hidayah[1], Fuji Winanti[2*], Mutia Agustin Purba[3], Rizky Saputra. T[4], Novita Atika Sitorus[5]
[1-5]Priodi Matematika, Fmipa, Universitas Negeri Medan, Medan,Indonesia

Korespondensi Penulis : fujiwinati_@mhs.unimed.ac.id[*]

Abstract.*This research uses a quantitative approach with the help of Python to solve infimum and supremum problems involving measurements, calculations and data analysis to draw conclusions. This research process consists of several stages: problem identification, modeling a set of numbers or functions, and implementing algorithms in Python to calculate the infimum and supremum. The calculation results are compared with manual analytical solutions to ensure accuracy and efficient use of Python. Sets as a basic concept in programming allow organizing data and logical operations more efficiently. These findings show that Python is not only effective in calculating supremum and infimum, but also speeds up the solution process compared to manual methods. The results of the program execution show that the analyzed set has an infimum fan supremum which is in accordance with the theory, where set 1 has an infimum of 2, set 2 has a supremum of 5, and set 3 has an infimum of 1 and a supremum of 4.*

Keywords: *Infimum, Supremum, Python, Quantitative Research, Sets, Data Analysis, Programming.*

Abstrak. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan bantuan Python untuk menyelesaikan masalah infimum dan supremum yang melibatkan pengukuran, perhitungan, dan analisis data untuk menarik kesimpulan. Proses penelitian ini terdiri dari beberapa tahap: identifikasi soal, permodelan himpunan bilangan atau fungsi, dan implementasi algoritma dalam Python untuk menghitung infimum dan supremum. Hasil perhitungan dibandingkan dengan solusi analitik manual untuk memastikan akurasi dan efisiensi penggunaan Python. Himpunan sebagai konsep dasar dalam pemrograman memungkinkan pengorganisasian data dan operasi logika lebih efisien. Temuan ini menunjukkan bahwa Python tidak hanya efektif dalam menghitung supremum dan infimum, tetapi juga mempercepat proses penyelesaian dibandingkan dengan metode manual. Hasil eksekusi program menunjukkan bahwa himmpunan yang dianalisis memiliki infimum fan supremum yang sesuai dengan teori, dimana himpunan 1 memiliki infimum 2, himpunan 2 memiliki supremum 5, dan himpunan 3 memiliki infimum 1 serta supremum 4.

Kata Kunci: Infimum, Supremum, Python, Penelitian Kuantitatif, Himpunan, Analisis Data, Pemrograman.

1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan ilmu pengetahuan yang terstruktur secara deduktif aksiomatik, yakni semua pernyataan dalam matematika berasal dari aksioma yang diterima sebagai benar, dengan kata lain tidak bertentangan satu sama lain dan didasarkan pada pernyataan-pernyataan yang telah diterima sebelumnya (Duha,2024).

Sebagai satu-satunya objek matematika yang paling mendasar, matematika memiliki beberapa ciri khas, yang paling menonjol di antaranya adalah memiliki objek kajian yang abstrak. Dengan demikian, sebagian besar topik utama yang dipelajari dalam matematika memiliki sifat abstrak adalah angka atau bilangan yang ada yang tidak terdefinisi atau merupakan sisipan dari hasil yang disebutkan di atas. Sifat manusia, mirip dengan sifat sejati

Received: September 16, 2024; Revised: September 30,2024; Accepted: Oktober 13,2024;Online Available: Oktober 15, 2024;

perilaku manusia. Salah satu hal yang dibahas dalam bidang pendidikan Pengetahuan matematika adalah studi tentang nilai maksimum dan minimum dalam kumpulan data tertentu.

Supremum dan infimum merupakan konsep fundamental dalam analisisi real, yang mana supremum sendiri memberikan batas atas yang paling kecil dari himpunan, sedangkan infimum memberikan batas bawah terbesar (Kumar, 2021).

Semakin berkembangnya zaman, maka semakin banyak pula pengembangan aplikasi yang dapat digunakan untuk penyelesaian permasalahan supremum dan infimum suatu himpunan, salah satunya adalah aplikasi (pemrograman) Python. Menurut (Singh,2021) penerapan model matematis dalam Python memfasilitasi pemahaman yang lebih baik mengenai supremum dan infimum, terutama pada konteks pengambilan keputusan.

2. KAJIAN TEORITIS

1. Pengertian Himpunan

Himpunan merupakan koleksi tidak teratur dari objek yang bisa berupa angka, huruf, atau himpunan lainnya (Cohen, 2017). Himpunan merupakan konsep dasar yang digunakan dalam pemrograman untuk mengorgasisir data dan melakukan operasi logika (Sedgewick, 2016). Beberapa contoh himpunan antara lain:

1. $A = \{x \in \boldsymbol{R} \mid X < 5\}$ yakni himpunan semua bilangan real yang kurang dari 5.
2. $B = \{2,4,6,8,10\}$. Yakni himpunan bilangan genap antara 1 dan 10.
3. $C = \{x \in \boldsymbol{Z} \mid x\ adalah\ bilangan\ positif\}$. Yakni himpunan semua bilangan bulat positif.

2. Supremum dan Infimum

Konstruksi akun riil dimulai dengan definisi elemen 1 dan 0, diikuti oleh saldo asli dan bulat, dan terakhir, saldo radial. Saldo ini didefinisikan sebagai binomial yang berbeda dari binomial radial. Terlepas dari keberadaannya Persamaan diferensial tidak didefinisikan dengan baik seperti jenis persamaan lainnya, Namun, hal ini memiliki peran yang sangat krusial. Sebagai ilustrasi, seandainya bilangan irrasional $\sqrt{2}$ tidak ada maka himpunan $\{x \in \mathbb{R}: x^2 < 2\} = \{x \in \mathbb{R}: -\sqrt{2} < x < \sqrt{2}\}$ merupakan himpunan kosong padahal $x = 1$ adalah salah satu anggotanya. Untungnya kita telah menunjukkan bahwa p2 adalah sebuah bilangan irrasional. (Hernadi, 2015)

Tantangannya adalah menentukan posisi bilangan irasional dalam himpunan bilangan real, khususnya memahami pola distribusi bilangan irasional pada garis bilangan.? Masalah ini

terkait dengan sifat kepadatan bilangan rasional dan irasional dalam $\mathbb{R}$. Sifat penting lainnya yang akan dibahas dalam bab ini adalah sifat kelengkapan. Sifat ini memastikan bahwa bilangan yang berfungsi sebagai batas bawah atau batas atas dari suatu himpunan terbatas selalu termasuk dalam $\mathbb{R}$. Dalam lingkup barisan yang akan dipahami pada Bagian 2 dapat dinyatakan sebagai berikut: Apabila sebuah barisan bilangan real terbatas ( ) konvergen ke sebuah bilangan x maka $x \in \mathbb{R}$. Dengan demikian, sifat kelengkapan adalah sifat yang memastikan setiap titik limit barisan bilangan terbatas dan konvergen selalu berada pada $\mathbb{R}$. Dalam pembahasan analisis lanjutan akan muncul kasus di mana terdapat barisan bilangan ( ) di dalam E dengan $lim(xn) = x$, namun x $\notin$ E. Pada kasus ini E dikatakan tidak lengkap. Sifat kelengkapan bilangan real berasal dari konsep supremum dan infimum sebagai generalisasi konsep maksimum dan minimum (Hernadi, 2015).

3. Definisi Misalkan S merupakan himpunan bagian dari $\mathbb{R}$.

(a) Suatu himpunan S dikatakan **terbatas atas** jika terdapat suatu bilangan $u \in \mathbb{R}$ sedemikian sehingga $s \leq u$ untuk setiap $s \in S$. Tiap bilangan *u* disebut batas atas dari S.

(b) Suatu himpunan S dikatakan **terbatas bawah** jika terdapat suatu bilangan $w \in \mathbb{R}$ sedemikian sehingga $w \leq s$ untuk setiap $s \in S$. Tiap bilangan *w* disebut batas bawah dari S.

(c) Suatu himpunan dikatakan **terbatas** jika himpunan tersebut terbatas atas dan terbatas bawah. Suatu himpunan dikatakan **tidak terbatas** jika himpunan tersebut tidak memiliki batas.

Sebagai contoh, pertidaksamaan $S := \{x \in \mathbb{R} : x < 2\}$ dikatakan terbatas atas, karena kita bisa menemukan bilangan *u* dimana $u > x$. Misalnya *u* = 2, maka *u* dikatakan batas atas dari S karena 2 > *x*. Begitu pula jika kita menemukan bilangan *u* = 3, maka *u* dikatakan batas atas dari S karena 3 > *x*. Namun himpunan S tersebut tidak memiliki batas bawah karena kita tidak dapat menemukan suatu bilangan *w* dimana *w* < *x*.

4. Definisi Misalkan S merupakan himpunan bagian dari $\mathbb{R}$.

(a) Jika S terbatas di atas, maka suatu bilangan *u* dikatakan sebagai **supremum** (atau **batas atas yang paling kecil**) dari S yang memenuhi kondisi:

(1) *u* merupakan batas atas dari S, dan

(2) Jika terdapat *v* yang merupakan batas atas yang lain dari S, maka $u \leq v$.

(b) Jika S terbatas di bawah, maka suatu bilangan *w* dikatakan sebagai **infimum** (atau **batas bawah yang paling besar**) dari S yang memenuhi kondisi:

(1') *w* merupakan batas bawah dari S, dan

(2') Jika terdapat *t* yang merupakan batas bawah yang lain dari S, maka $t \leq w$.

Suatu himpunan memiliki 4 kemungkinan, yaitu:

(i) Mempunyai supremum dan infimum

(ii) Mempunyai supremum namun tidak mempunyai infimum

(iii) Mempunyai infimum namun tidak mempunya supremum

(iv) Tidak memiliki supremum dan infimum

5. Lemma Suatu bilangan *u* dikatakan supremum dari sub himpunan bagian tak kosong S dari $\mathbb{R}$ jika dan hanya jika *u* memenuhi komdisi:

(1) $s \leq u$ untuk setiap $s \in S$,

(2) Jika $v < u$, maka terdapat $s' \in S$ sedemikian sehingga $v < s'$.

6. Lemma Suatu batas atas *u* dari himpunan tak kosong S di $\mathbb{R}$ dikatakan supremum dari S jika dan hanya jika $\mathcal{E} > 0$ terdapat $s_{\mathcal{E}} \in S$ sedemikian sehingga $u - \varepsilon < s_{\varepsilon}$.

Proof Jika *u* merupakan batas atas S yang memenuhi kondisi dan jika $v < u$, maka $\varepsilon := u - v$. Sehingga untuk setiap $\varepsilon > 0$ terdapat $s_{\varepsilon} \in S$ sedemikian sehingga $v = u - \varepsilon < s_{\varepsilon}$. Karena itu, *v* bukan merupakan batas atas dari S maka *u* = sup S. Sebaliknya, diketahui *u* = sup S dan ada $\varepsilon > 0$. Karena $u - \ \varepsilon < u$, maka $u - \varepsilon$ bukan merupakan batas atas dari S.

Contoh

a) Jika suatu himpunan tak kosong S_1 memiliki jumlah anggota berhingga, maka dapat diasumsikan bahwa S_1 memliki anggota terbesar *u* dan anggota terkecil *w*. Maka *u* = sup S_1 dan *w* = inf S_1. Dan merupakan anggota S_1. (Hal ini jelas jika S_1 hanya memiliki satu unsur, dan dapat diatasi dengan induksi jumlah unsur dalam S_1. Perhatikan latihan 12 dan 13).

b) Himpunan $S_2 := \{x: 0 \leq x \leq 1\}$ jelas memeliki 1 sebagai batas atas (upper bound). Kita buktikan bahwa 1 merupakan supremum sebagai berikut. Jika v < 1, terdapat elemen $s' \in S_2$ sehingga $v < s'$ (sebutkan salah satu elemen). Oleh karena itu *v* bukan batas S_2, karena *v* merupakan bilangan sembarang1, maka dapat disimpulkan bahwa sup S_2 = 1. Hal serupa juga ditunjukkan bahwa inf S_2 = 0. Perhatikan bahwa supremum dan infimum S_2 terkandung dalam S_2.

c) Himpunan $S_3 := \{x: 0 < x < 1\}$ jelas memiliki 1 batas atas (upper bound). Dengan menggunakan persamaan yang sama seperti yang diberikan pada (b), kita melihat bahwa sup S_3 = 1. Dalam kasus ini, himpunan S_3 tidak memuat supremu. Demikian pula inf S_3 = 0 tidak terkandung dalam S_3.

7. Sifat Kelengkapan R

Tidak mungkin untuk membuktikan, berdasarkan sifat medan dan keteraturan R yang telah dibahas sebelumnya, bahwa setiap himpunan bagian tak kosong dari **R** yang dibatasi atas memiliki supremum di **R**. Namun, ini merupakan sifat intrinsik dan fundamental dari sistem bilangan riil bahwa hal ini benar adanya. Kita akan sering menggunakan sifat ini dengan penting, terutama dalam diskusi mengenai proses pembatasan. Pernyataan berikut mengenai keberadaan suprema adalah asumsi terakhir kita tentang **R**. Oleh karena itu, kita menyatakan bahwa **R** adalah *bidang terurut yang lengkap*.

8. Properti Kelengkapan R Ada supremum di R untuk setiap kumpulan bilangan riil tidak kosong yang memiliki batas atas.

Sifat ini dkatakan juga Sifat Supremum **R**. Sifat analogi infima bisa disimpulkan dari Sifat Kelengkapan sebagai berikut. Misalkan *S* adalah himpunan bagian tak kosong dari **R** yang dibatasi di bawah. Maka himpunan tak kosong $\bar{S} := \{-s: s \in S\}$ dibatasi di atas, dan Sifat Supremum mengisyaratkan bahwa $u := \sup \bar{S}$ ada di **R**. Pembaca perlu memverifikasi dengan rinci bahwa -*u* adalah nilai terkecil dari *S*. (Bartle & Sherbert, 2010).

9. Python

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi. Bahasa ini ditemukan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1991. Karena sintaks yang sederhana, python sering digunakan terutama dalam bidang Pendidikan (Alfarizi, dkk., 2023). Python menyiapkan banyak pustaka (*library*) yang dapat digunakan, seperti NumPy, SymPy, dan lainnya yang dapat digunakan sesuai kebutuhan (Ua, dkk., 2023).

Pemrograman python banyak digunakan dalam pengembangan berbagai aplikasi dan simulasi di berbagai bidang ilmu. salah satunya adalah pada bidang matematika. Dengan demikian, akan dilakukan simulasi permasalahan supremum dan infimum pada himpunan dengan menggunakan program python.

3. METODE PENELITIAN

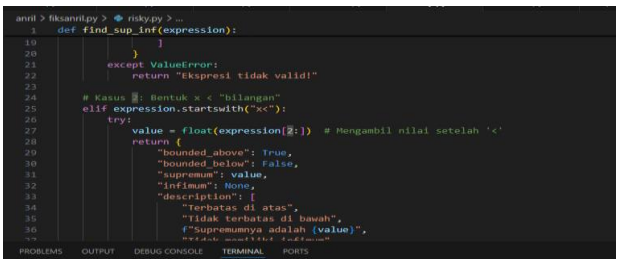
Metodologi penelitian ini memecahkan masalah supremum dan infimum secara kuantitatif menggunakan Python. Musianto (2002) menyatakan dalam (Waruwu, 2023) bahwa penelitian kuantitatif didefinisikan sebagai studi yang memanfaatkan rumus, pengukuran, perhitungan, dan kepastian data untuk mendapatkan kesimpulan.

Tahapannya meliputi identifikasi soal, pemodelan himpunan bilangan atau fungsi, serta implementasi algoritma dalam Python untuk menghitung infimum dan supremum. Hasil perhitungan kemudian dianalisis dengan membandingkannya terhadap solusi analitik manual untuk memastikan keakuratan dan efisiensi penggunaan Python dalam menyelesaikan masalah ini.

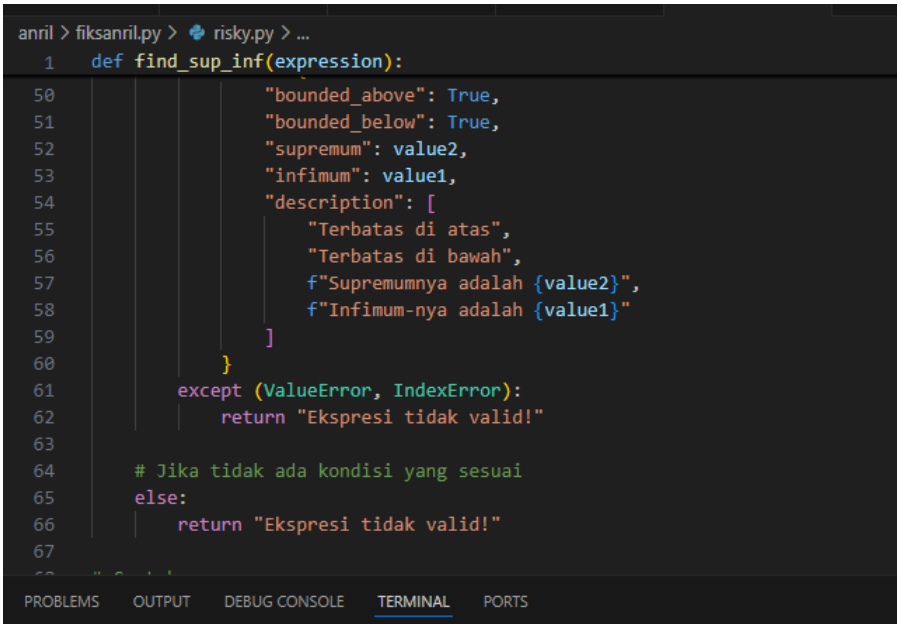
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksekusi menunjukkan bahwa program berhasil menyelesaikan beberapa contoh permasalahan supremum dan infimum pada himpunan atau fungsi. adapun output yang dihasilkan menunjukkan hasil yang sama dengan pengerjaan secara manual. Dimisalkan dalam uji coba program, dimasukkan himpunan 1 yakni $x > 2$, himpunan 2 yakni $x < 5$, dan himpunan 3 yakni $1 < x < 4$. Sehingga dihasilkan output yang menunjukkan himpunan tersebut terbatas atas atau terbatas bawah, serta ditampilkan nilai infimum dan supremum. Berikut merupakan hasil komputasi program Python untuk menyelesaikan kasus tersebut:

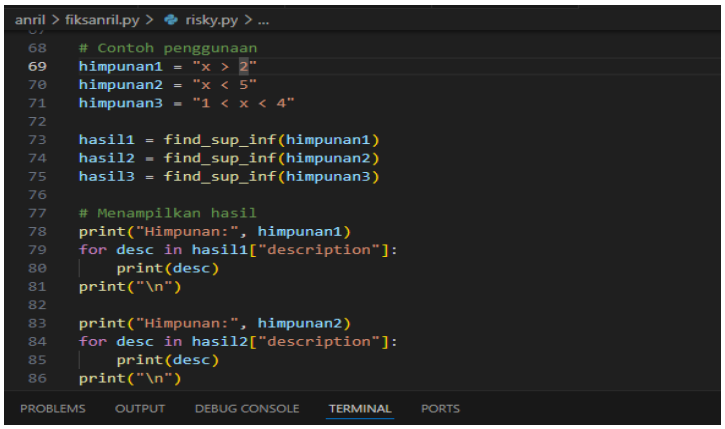
Gambar 1. Algoritma Python dalam Penyelesaian Kasus Supremum dan Infimum



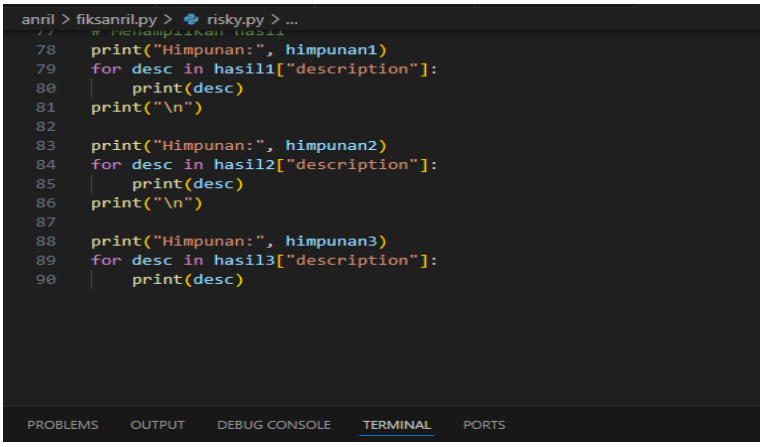
Gambar 2. Algoritma Python dalam Penyelesaian Kasus Supremum dan Infimum



Gambar 3. Algoritma Python dalam Penyelesaian Kasus Supremum dan Infimum

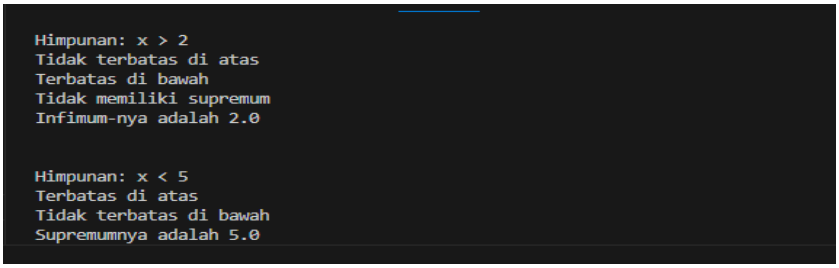


Gambar 4. Algoritma Python dalam Penyelesaian Kasus Supremum dan Infimum

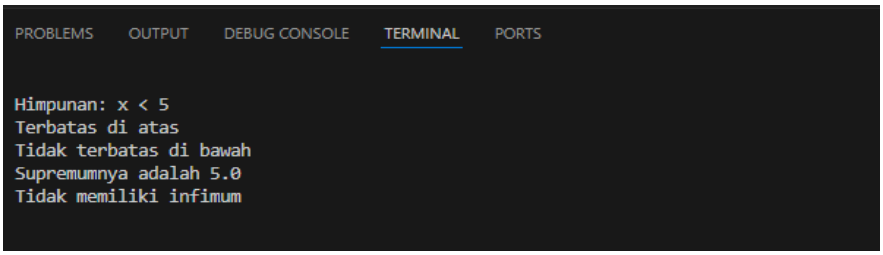


Gambar 5. Algoritma Python dalam Penyelesaian Kasus Supremum dan Infimum

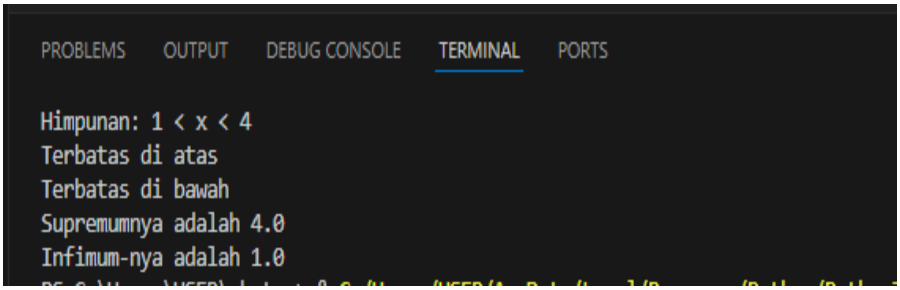
Berdasarkan komputasi di atas, dengan memasukkan soal yang telah ditentukan, didapatkan output program sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Eksekusi Python



Gambar 7. Hasil Eksekusi Python



Gambar 8. Hasil Eksekusi Python

Hasil yang diperoleh dari eksekusi program menunjukkan bahwa Python dapat digunakan secara efektif untuk membantu proses pengerjaan atau penyelesaian permasalahan supremum dan infimum suatu himpunan. Dimana terdapat beberapa perintah yang diperlukan, antara lain:

1. Definisi Fungsi:

```python
def find_sup_inf(expression):
```

Ini adalah definisi fungsi bernama `find_sup_inf` yang menerima satu parameter `expression`, yaitu string yang merepresentasikan ekspresi matematika.

2. Penghilangan Spasi:

```python
expression = expression.replace(" ", "")
```

Menggunakan method `replace()` untuk menghapus semua spasi dari string input.

3. Pemeriksaan Kondisi:

Program menggunakan beberapa ***`if`***, ***`elif`***, dan ***`else`*** untuk memeriksa bentuk ekspresi yang diberikan:

- **Kasus x > "bilangan":**

```python
if expression.startswith("x>"):
```

Memeriksa apakah string dimulai dengan *"**x**>"*. Jika ya, program mencoba untuk mengambil nilai setelah tanda *'>'*.

- **Kasus x < "bilangan":**

```python
elif expression.startswith("x<"):
```

Memeriksa apakah string dimulai dengan *"**x**<"*.

- **Kasus "bilangan1 < x < bilangan2":**

```python
elif "<x<" in expression:
```

Memeriksa apakah string mengandung *"<**x**<"*, yang menunjukkan bentuk interval.

4. Pengolahan Nilai:

```python
value = float(expression[2:])  # Mengambil nilai setelah '>'
```

Menggunakan ***`float()`*** untuk mengkonversi substring menjadi angka. Jika konversi gagal (misalnya, karena input tidak valid), program akan mengangkat ***`ValueError`***, yang ditangani oleh ***`try-except`***.

5. Mengembalikan Hasil:

Program mengembalikan dictionary yang berisi informasi tentang:

- ***`bounded_above`***: Boolean yang menunjukkan apakah terbatas di atas.
- ***`bounded_below`***: Boolean yang menunjukkan apakah terbatas di bawah.
- ***`supremum`***: Nilai supremum (atau ***None*** jika tidak ada).

- **`*infimum*`**: Nilai infimum (atau ***None*** jika tidak ada).
- **`*description*`**: List yang memberikan deskripsi tentang batasan.

6. Penanganan Error:

```python
except (ValueError, IndexError):
```

Menangani kesalahan jika input tidak valid, baik saat parsing angka maupun saat mengakses elemen dari list.

Adapun hasil atau output yang dihasilkan berdasarkan soal yang diberikan adalah:

1. Himpunan 1: $x > 2$, ditunjukkan bahwa himpunan tersebut tidak terbatas di atas, melaikan terbatas di bawah. Sehingga dapat diketahui bahwa himpunan tersebut memiliki infimum dengan 2 sebagai infimum dari himpunan tersebut.
2. Himpunan 2: $x < 5$, ditunjukkan bahwa himpunan tersebut terbatas di atas dan memiliki supremum, yang mana 5 merupakan supremum dari himpunan tersebut.
3. Himpunan 3: $1 < x < 4$, ditunjukkan bahwa himpunan tersebut terbatas di atas dan terbatas di bawah. Memiliki supremum yakni 4 dan juga memiliki infimum yakni 1.

Dibandingkan dengan metode manual, Python dapat memberikan hasil yang lebih efisien, dimana waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan persoalan suprmum dan infimum lebih cepat. Dengan Python, proses pengerjaannya dapat dilakukan secara otomatis.

Akan tetapi, ada beberapa tantangan yang menjadi kendala Ketika menggunakan program Python yakni dalam hal sintaks dan Pustaka yang digunakan. Tentu dalam pembuatan sintaks agar mendapatkan output atau hasil yang diharapkan dibutuhkan ketelitian yang tinggi.

5. KESIMPULAN

Himpunan merupakan konsep dasar yang digunakan dalam pemrograman untuk mengorgasisir data dan melakukan operasi logika. Python adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang menyediakan struktur data yang memungkinkan implementasi konsep himpunan secara praktis. Python menawarkan efensiensi dalam operasi himpunan dan sangat relevan dalam penerapan matematika komputasi

Supremum dari suatu himpunan adalah batas atas terkecil dari himpunan tersebut. Infimum dari suatu himpunan adalah batas bawah terbesar dari himpunan tersebut. Secara umum,

Supremum sering disebut juga sebagai least upper bound (batas atas terkecil). Infimum disebut juga sebagai greatest lower bound (batas bawah terbesar).

Hasil yang diperoleh dari eksekusi program menunjukkan bahwa Python dapat digunakan secara efektif untuk membantu proses pengerjaan atau penyelesaian permasalahan supremum dan infimum suatu himpunan. Dibandingkan dengan metode manual, Python dapat memberikan hasil yang lebih efisien, dimana waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan persoalan suprmum dan infimum lebih cepat. Dengan Python, proses pengerjaannya dapat dilakukan secara otomatis. Adapun hasil eksekusi yang didapatkan:

1. Himpunan 1: $x > 2$, ditunjukkan bahwa himpunan tersebut tidak terbatas di atas, melaikan terbatas di bawah. Sehingga dapat diketahui bahwa himpunan tersebut memiliki infimum dengan 2 sebagai infimum dari himpunan tersebut.
2. Himpunan 2: $x < 5$, ditunjukkan bahwa himpunan tersebut terbatas di atas dan memiliki supremum, yang mana 5 merupakan supremum dari himpunan tersebut.
3. Himpunan 3: $1 < x < 4$, ditunjukkan bahwa himpunan tersebut terbatas di atas dan terbatas di bawah. Memiliki supremum yakni 4 dan juga memiliki infimum yakni 1.

6. SARAN

Terdapat beberapa tantangan yang menjadi kendala Ketika menggunakan program Python yakni dalam hal sintaks dan Pustaka yang digunakan. Tentu dalam pembuatan sintaks agar mendapatkan output atau hasil yang diharapkan dibutuhkan ketelitian yang tinggi.

7. DAFTAR PUSTAKA

Alfarizi, M. R. S., Al-farish, M. Z., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., & Elgar, M. (2023). Penggunaan Python sebagai bahasa pemrograman untuk machine learning dan deep learning. Karimah Tauhid, 2(1), 1-6.

Bartle, R. G., & Sherbert, D. R. (2010). Introduction to real analysis. Urbana: John Wiley & Sons.

Cohen, P. J. (2017). Set theory and the continuum hypothesis. Dover Publications.

Duha, R., & Harefa, D. (2024). Kemampuan pemecahan masalah matematika. CV Jejak (Jejak Publisher).

Hernadi, J. (2015). Analisi real elementer. Yogyakarta: Erlangga.

Kumar, A., & Singh, R. (2021). An efficient approach for finding supremum and infimum in real analysis. Journal of Mathematical Sciences, 256(4), 123-134.

Patel, S., & Gupta, A. (2022). Implementasi of mathematical concepts in Python for educational purposes. International Journal of Computer Applications, 182(15), 8-12.

Sedgewick, R., & Wayne, K. (2016). Algorithms. Addison-Wesley.

Singh, P., & Mehta, R. (2021). Mathematical modelling and Python: A comprehensive approach. Journal of Computational Mathematics, 39(3), 331-347.

Ua, A. M. T. I., Lestari, D., Marpaung, E. S. K., Ong, J., Savinka, M., Nurhaliza, P., & Ningsih, R. Y. (2023). Penggunaan bahasa pemrograman Python dalam analisis faktor penyebab kanker paru-paru. JUPTI: Jurnal Publikasi Teknik Informatika, 2(2), 88-99.

Waruwu, M. (2023). Pendekatan penelitian pendidikan: Metode penelitian kualitatif, metode penelitian kuantitatif dan metode penelitian kombinasi (mixed method). Jurnal Pendidikan Tambusai, 7(1), 2896-2910.

Zhang, Y., & Wang, X. (2020). Data analysis and visualization techniques using Python. Journal of Data Science and Analytics, 5(2), 45-59.