Indonesian Journal of Engineering IJE Volume 3 Nomor 1 (September) 2022. Hal. 1-15

Perbandingan Metode Newton Midpoint Halley, Metode Olver dan Metode Chabysave Dalam Penyelesaian Akar-Akar Persamaan Non-Linear

Hani Yupita Salwa, Syaharuddin[1*], Linita Sulistina, Elin Nurmayanti, Amalia Rahmatin, Habibi Ratu Perwira Negara[2]

Abstrak: Persamaan non-linear kerap menjadi model matematika yang menggambarkan situasi dalam berbagai bidang, seperti bidang Teknik maupun bidang biologi. Penentuan akar penyelesaian persamaan non-linear menjadi hal yang perlu dikaji mengingat kartaktersitk dari persamaan tersebut tidak dapat diselesaikan dengan cara analitik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode terbaik dalam menentukan akar-akar Persamaan Non-Linier. Metode penelitian dilakukan dengan membandingkan tiga metode, yaitu Metode Newton Midpoint Halley (NMH), Metode Olver, dan Metode Chebyshev dalam menyelesaikan persamaan non-linear berbentuk polinomial, trigonometri, eksponensial, dan campuran (trigonometri dan exponensial). Parameter simulasi menggunakan error sebesar 0.001. Hasil analisis diperoleh bahwa dari tiga metode yang digunakan, laju konvergensi tercepat dalam menentukan akar-akar persamaan non-linear (polinomial, trigonometri, eksponensial, campuran trigonometri dan exponensial) yaitu menggunakan metode Newton Midpoint Halley (NMH). sehingga metode terbaik dalam menyelsaikan akar-akar persamaan non-linear adalah metode Newton Midpoint Halley (NMH).
Kata Kunci: *Persamaan non-linear, metode Newton Midpoint Halley, metode olver, dan metode Chebyshev.*

Abstract: *Non-linear equations often become mathematical models that describe situations in various fields, such as engineering and biology. Determining the roots of solving non-linear equations is something that needs to be studied considering that the characteristics of these equations cannot be solved by analytical means. The purpose of this research is to find out the best method for determining the roots of non-linear equations. The*

[1] Universitas Muhammadiyah Mataram, Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1, Pagesangan, Mataram, Indonesia, syaharuddin.ntb@gmail.com
[2] Universitas Islam Negeri Mataram, Jl Gajah Mada No 100 Pegesangan, Mataram, Indonesia, habibiperwira@uinmataram.ac.id

research method was carried out by comparing three methods, namely the Newton Midpoint Halley Method (NMH), Olver Method, and the Chebyshev Method in solving non-linear equations in the form of polynomials, trigonometry, exponentials, and mixtures (trigonometry and exponential). The simulation parameters use an error of 0.001. The results of the analysis show that of the three methods used, the fastest convergence rate in determining the roots of non-linear equations (polynomial, trigonometry, exponential, mixed trigonometry and exponential) is using the Newton Midpoint Halley (NMH) method. so that the best method for solving the roots of non-linear equations is the Newton Midpoint Halley (NMH) method.

Keywords: *Non-linear equations, Newton Midpoint Halley method, Olver method, and Chebyshev method*

A. Pendahuluan

Persoalan matematika di bidang teknik sering dijumpai persamaan-persamaan non-linear. Fungsi-fungsi f(x) bisa berbentuk persamaan aljabar, persamaan polynomial, persamaan trigonometri, persamaan transendental. Mencari akar persamaan-persamaan tersebut berarti membuat persamaan itu menjadi nol atau f(x)=0. Tidak semua persamaan yang ada bisa diselesaikan dengan mudah menggunakan teori matematika, tapi membutuhkan teknik numeric atau komputasi (Putri & Syaharuddin, 2019), (Negara et al., 2018). Sering menggunakan pendekatan metode numerik dalam penyelesaiannya (Batarius, 2018). Permasalahan di bidang matematika yang sering terjadi adalah bagaimana menyelesaikan persamaan nonlinear berbentuk f(x) = 0 (Mandailina et al., 2020). Termasuk di dalam masalah menentukan titik potong dua buah kurva. Apabila kurva-kurva tersebut dinyatakan oleh fungsi f(x) dan g(x), maka absis titik potong kedua kurva tersebut adalah akar-akar persamaan f(x) - g(x) = 0 (Pandia & Sitepu, 2021) Dalam menyelesaikan suatu persamaan nonlinear dapat diselesaikan dengan metode analitik dan metode numerik. Adakalanya persamaan nonlinear tidak dapat diselesaikan menggunakan metode analitik. Oleh karena itu, untuk penyelesaiannya dapat dilakukan dengan menggunakan metode numerik. Penyelesaian secara numerik hanya memperoleh akar pendekatan. Selisih antara akar pendekatan dengan akar sebenarnya dinamakan dengan kesalahan (error).

Para peneliti umumnya berusaha untuk menemukan metode dengan algoritme yang paling efektif dan efisien untuk dapat menyelesaikan masalah optimasi linear maupun nonlinear. Seperti yang telah dilakukan oleh (Haqueqy et al., 2016) yang mengembangkan uji komputasi algoritme varian metode Newton pada optimasi non linier tanpa kendala. Hasil dari penelitian ini yaitu Perbandingan uji komputasi memperlihatkan bahwa metode NTH menghasilkan jumlah iterasi yang lebih sedikit daripada metode Newton, berbanding terbalik dengan hasil yang diperoleh untuk running time, metode NTH membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan metode Newton dalam melakukan pencarian akar. Penelitian dari (Wigati, 2020) membahas tentang solusi numerik persamaan non-linier dengan metode Bisection dan Regula Falsi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa: 1) pada nilai error 1x10-5, didapatkan akar-akar persamaan yang sama. Meskipun demikian, terdapat perbedaan jumlah iterasi yang dibutuhkan masing-masing metode; metode bisection memerlukan 19 kali iterasi, sedangkan metode regula falsi hanya memerlukan 8 dan 12 kali iterasi untuk menemukan akar persamaan positif dan negative secara berturut-turut. Penelitian dari (Dwi Estuningsih et al., 2019) membahas tentang perbandingan metode Biseksi dan Newton Raphson dalam penyelesaian persamaan Non-Linier. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Newton Raphson lebih cepat konvergen daripada metode biseksi. Namun metode biseksi tidak memerlukan turunan pertama dalam pencarian akar persamaan. Penelitian dari (Darmawan & Zazilah, 2019) membahas tentang perbandingan metode Halley dan Olver dalam penentuan akar-akar penyelesaian

Polinomial Wilkinson. Berdasarkan hasil simulasi metode Halley pada iterasi ke-4 mendapatkan persentase galat 0,0029%, Metode Olver pada iterasi ke-5 mendapatkan persentase galat 0,0004% sedangkan metode Newton-Raphson membutuhkan iterasi ke-7 untuk mendapatkan persentase galat 0,0098%. Penelitian dari (Pratamasyari et al., 2017) membahas tentang kombinasi varian metode Newton dan metode Halley untuk menyelesaikan persamaan tak Linier. Hasil numerik dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode NMH bisa mereduksi jumlah iterasi dan running time.

Para Ilmuwan di bidang sains dan teknik sering dihadapkan dengan sebuah persoalan matematis yang rumit berbentuk persamaan nonlinear. Metode numerik adalah teknik untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang diformulasikan secara matematis dengan operasi hitungan atau aritmatika biasa. Salah satu penerapan metode numerik dalam perhitungan aritmatika adalah mencari akar-akar persamaan nonlinier (Yutika, 2013). Persamaan-persamaan yang diselesaikan dengan metode numerik adalah persamaan matematis yang sulit diselesaikan atau didapatkan dengan menggunakan metode analitik, diantaranya dalam penyelesaian akar-akar persamaan nonlinier. Persamaan nonlinier ini bisa berupa persamaan polinomial tingkat tinggi, sinusioda, eksponensial, logaritmik, atau kombinasi dari persamaan-persamaan tersebut (Lhokseumawe et al., 2020).

Penyelesaian analitik adalah penyelesaian yang menghasilkan dua bentuk solusi yaitu bentuk eksplisit dan implisit, sedangkan numerik adalah penyelesaian yang berupa hampiran. Hasil dari penyelesaian numerik merupakan nilai perkiraan atau pendekatan dari penyelesaian analitik. Selisih dari keduanya disebut dengan galat (error) (Sari et al., 2014). Sedangkan, penyelesaian secara numerik merupakan suatu penyelesaian persamaan matematika dengan mencari nilai yang mendekati nilai eksak menggunakan metode numerik. Penyelesaian numerik digunakan untuk mempelajari keefisienan suatu metode dalam menyelesaikan masalah matematika (Nurhayati et al., 2014).

Dalam Penyelesain persamaan Non-Linier terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menghitung persamaan No-Linier, yaitu metode Newton Midpoint Halley (NMH), meode Olver dan metode Chebyshev. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode terbaik dalam menyelesaikan akar-akar Persamaan Non-Linier. Sejauh pemahaman peneliti, masih belum ditemukan penelitian sebelumnya yang membahas terkait perbandingan metode NMH, Olver dan Chebyshev oleh karena itu peneliti tertarik membandingkan ketiga metode tersebut untuk menentukan akar-akar persamaan Non-Linier.

B. Metode Penelitian

Peneliti melakukan pembandingkan algoritma (NMH, Olver dan Chebyshev) dalam menentukan akar-akar persamaan non-linear. Adapun penjelasan terkait ketiga metode yang digunakan dijelaskan di bawah ini.

1. Metode NMH (Newton Midpoint Halley)

Metode NMH adalah salah satu metode iterasi yang digunakan untuk menentukan nilai akar-akar persamaan. rumus metode NMH untuk menyelesaikan sistem persamaan nonlinier adalah sebagai berikut:

$$\boldsymbol{x_{i+1} = \bar{x}_i - \frac{2\, f\,(\bar{x}_i) f'\,(\bar{x}_i\,)}{2(\,f'(\bar{x}_i)\,)^2 - f\,(\bar{x}_i) f''\,(\bar{x}_i)}} \tag{1}$$

Dengan $\boldsymbol{\bar{x}_i = x_i - \frac{f\,(x_i\,)}{f'\,(\frac{x_i^* + x_i}{2})}}$

2. Metode Olver

Metode Olver Metode Olver mirip dengan metode Halley tingkat kekonvergenannya kubik dan lebih cepat dari metode NR yang tingkat kekonvergenannya kuadratik, Berikut merupakan formula iteritif dari metode Olver :

$$\boldsymbol{x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} - \frac{1}{2}\left(\frac{[f(x_i)]^2\, f''(x_i)}{[f'(x)]^3}\right)} \tag{2}$$

Sekilas metode Olver mirip dengan metede Halley akan tetapi metode ini melibatkan perhitungan sedikit lebih rumit karena terdapat pembagi berpangkat tiga yaitu $[f'(x)]^3$.

3. Metode Chebyshev

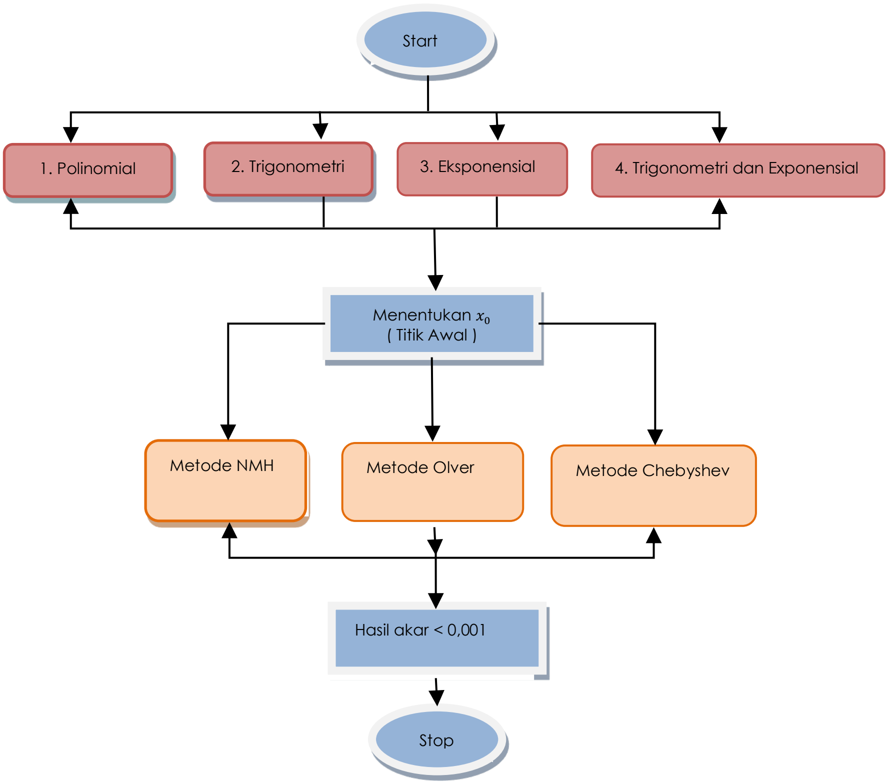
Teorema Chebyshev digunakan untuk menemukan proporsi minimum data yang terjadi dalam sejumlah standar deviasi tertentu dari rata-rata. Teorema Chebyshev lebih umum dan dapat diterapkan untuk berbagai distribusi yang berbeda. Teorema ini menyatakan bahwa pada jumlah terkecil, nilai berada di antara standar deviasi rata-rata terlepas dari apa bentuknya. Berikut adalah formula untuk metode Chebyshev.

$$= \boldsymbol{x_i} - \left(\mathbf{1} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\, \boldsymbol{L}\,(\boldsymbol{x_n})\right) . \frac{\boldsymbol{f(x_n)}}{\boldsymbol{f\prime(x_n)}} \qquad (3)$$

Ketiga metode tersebut selanjutnya digunakan untuk menyelesaikan masalah persamaan non-linear. Adapun persamaan non-linear yang digunakan melibatkan persamaan non-linear berbentuk polinomial, trigonometri, eksponensial, campuran (trigonometri dan exponensial). Selanjutnya soal yang digunakan untuk simulasi terdiri dari:

1) Soal Polinomial : $f(x) = 2x^5 - x^4 + 3x^2 + 1$
2) Soal Trigonometri : $f(x) = 2x.Sin3x$
3) Soal Eksponensial :$f(x) = xe^{-x} + 1$
4) Soal Campuran (Trigonometri dan Exponensial): $f(x) = 2e^{-x} - \sin x$

Parameter simulasi saat menyelesaian persamaan non-linear (polinomial, trigonometri, eksponensial, dan campuran) pada tiap Metode Newton Midpoint Halley (NMH), Metode Olver, dan Metode Chebyshev ditetapkan erorr sebesar 0.001. Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang dilakukan.



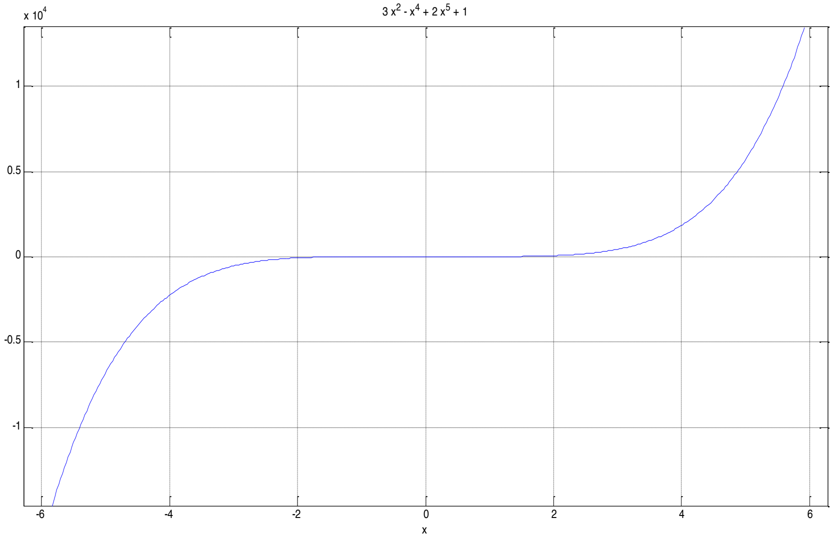
Gambar 1. Flow Chart Penelitian

C. Temuan dan Pembahasan

Proses simulasi dilakukan menggunakan softwere Matlab dengan menjalankan algoritma metode NMH, Olver dan Chebyshev. Selanjutkan, hasil dari ketiga metode tersebut dibandingkan dalam menentukan akar-akar persamaan Non-Linier sebagai berikut:

1. **Gambar grafik tiap-tiap soal dan titik awal yang diambil**

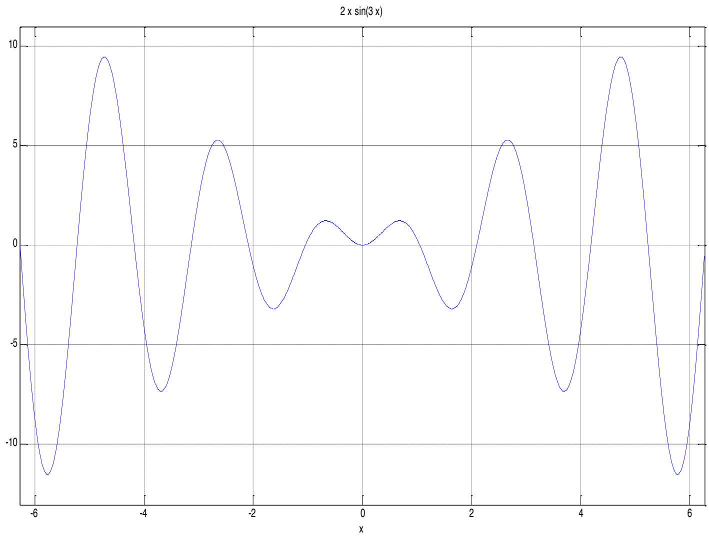
   a. Soal Polinomial : $f(x) = 2x^5 - x^4 + 3x^2 + 1$



Gambar 2. Polinomial

Pada gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa akar persamaan $f(x) = 2x^5 - x^4 + 3x^2 + 1$ berada pada interval [-6,6]. Dalam hal ini dipilih interval [-2,0] sebagai titik awal untuk mencari akar persamaannya.

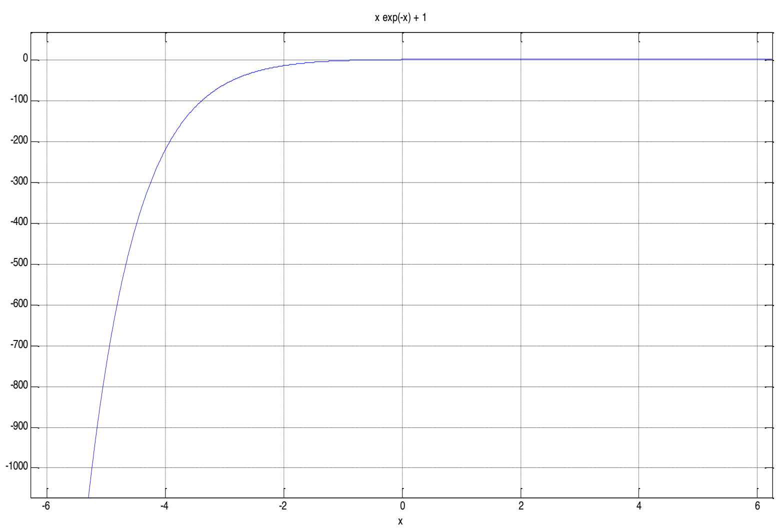
b. Soal Trigonometri : $f(x) = 2xSin3x$



Gambar 3. Trigonometri

Pada Gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa akar persamaan $f(x) = 2xSin3x$ berada pada interval [-6,6]. Dalam hal ini dipilih interval [-1,0] sebagai titik awal untuk mencari akar persamaannya.

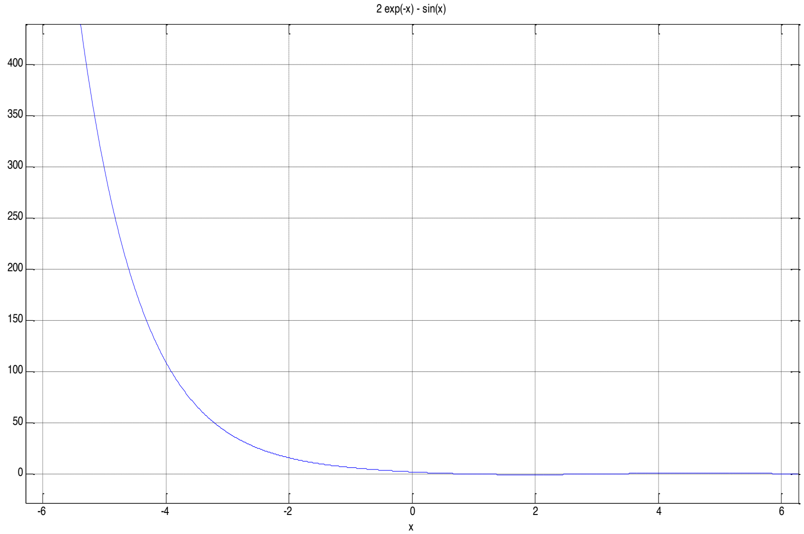
c. Soal Eksponensial :$f(x) = xe^{-x} + 1$



Gambar 4. Eksponensial

Pada Gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa akar persamaan $f(x) = xe^{-x} + 1$ berada pada interval [-6,6]. Dalam hal ini dipilih interval [-1,0] sebagai titik awal untuk mencari akar persamaannya.

d. Soal Campuran (Trigonometri dan Exponensial): $f(x) = 2e^{-x} - \sin x$



Gambar 5. Trigonometri dan Eksponensial

Pada gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa akar persamaan $f(x) = 2e^{-x} - \sin x$ berada pada interval [-6,6]. Dalam hal ini dipilih interval [-1,0] sebagai titik awal untuk mencari akar persamaannya. Dalam proses simulasi pada matlab dengan algoritma dari tiga metode yaitu metode Newton Midpoint Halley (NMH), metode Olver, dan metode Chebyshev didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Simulasi

No	Kasus	Metode	Iterasi	X	F(x)	Galat
1	$2x^5 - x^4 + 3x^2 + 1$	NMH	241	-0.7261313753	-0.9925121970	0.0009920709
		Olver	400	-0.7699623143	-2.6754737892	0.0009934262
		Chebyshev	400	-0.7699623143	-2.6754737892	0.00099342622

2	$2xSin3x$	NMH	2	-1.0471975512	-0.0000000000	0.0000000000
		Olver	2	-1.0471975508	0.0000000024	0.0004613134
		Chebyshev	2	-1.0471975508	0.0000000024	0.0004613134
3	$xe^{-x}+1$	NMH	2	-0.5671432904	0.0000000000	0.0000149651
		Olver	3	-0.5671432904	-0.0000000000	0.0001164297
		Chebyshev	3	-0.5671432904	-0.0000000000	0.0001164297
4	$2e^{-x} - \sin x$	NMH	3	0.9210245497	0.0000000000	0.0000000000
		Olver	-	-	-	-
		Chebyshev	4	0.9210245497	0.0000000000	0.0000079889

2. Pembahasan

Berdasarkan perolehan hasil komputasi diatas dengan menggunakan metode Newton Midpoint Halley (NMH), untuk kasus 1 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) < 0.001 adalah x = -0.7261313753 dengan f(x) = -0.9925121970, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 241 iterasi. Untuk kasus 2 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -1.0471975512 dengan f(x) = -0.0000000000, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 2 iterasi. Untuk kasus 3 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -0.5671432904 dengan f(x) = 0.0000000000, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 2 iterasi. Untuk kasus 4 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = 0.9210245497 dengan f(x) = 0.0000000000, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 3 iterasi.

Dengan menggunakan metode Olver, untuk kasus 1 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -0.7699623143 dengan f(x) = -2.6754737892, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 400 iterasi. Untuk kasus 2 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -1.0471975508 dengan f(x) = 0.0000000024, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 2 iterasi. Untuk kasus 3 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -0.5671432904 dengan f(x) = -0.0000000000, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 3 iterasi. Untuk kasus 4 diketahui bahwa nilai x dan f(x) tidak diperoleh saat melakukan komputasi pada metode Olver.

Dengan menggunakan metode Chebyshev, untuk kasus 1 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -0.7699623143 dengan f(x) = -2.6754737892, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 400 iterasi. Untuk kasus 2 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -1.0471975508 dengan f(x) = 0.0000000024, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 2 iterasi. Untuk kasus 3 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = -0.5671432904 dengan f(x) = -0.0000000000, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 3 iterasi. Untuk kasus 4 diketahui bahwa nilai x sehingga f(x) <0.001 adalah x = 0.9210245497 dengan f(x) = 0.0000000000, nilai tersebut diperoleh setelah melakukan komputasi hingga 4 iterasi.

Dengan demikian menunjukkan bahwa untuk penyelesaian persamaan akar dari f(x) = $2x^5 - x^4 + 3x^2 + 1$ menggunakan metode Newton Midpoint Halley (NMH) laju konvergensinya lebih cepat jika dibandingkan dengan metode Olver dan Chebyshev. Untuk penyelesaian persamaan akar dari f(x) = $2xSin3x$ menggunakan metode Newton Midpoint Halley (NMH) laju konvergensinya lebih cepat jika dibandingkan dengan metode Olver dan Chebyshev. Untuk penyelesaian persamaan akar dari f(x) = $xe^{-x} + 1$ menggunakan metode Newton Midpoint Halley (NMH) laju konvergensinya lebih cepat jika dibandingkan dengan metode Olver dan Chebyshev. Dan Untuk penyelesaian persamaan akar dari f(x) = $2e^{-x} - \sin x$ menggunakan metode Newton Midpoint Halley (NMH) laju konvergensinya lebih cepat jika dibandingkan dengan metode Olver dan Chebyshev.

Dapat disimpulkan bahwa dalam kasus 1) soal fungsi polinomial, 2) soal fungsi trigonometri, 3) soal fungsi eksponensial dan 4) soal fungsi campuran (trigonometri dan exponensial) di dapatkan hasil bahwa metode terbaik dalam penyelesaian akar-akar persamaan non-linear yaitu metode Newton Midpoint Halley (NMH) dengan laju konvergensinya paling cepat jika dibandingkan dengan metode Olver dan metode Chebyshev. Berdasarkan hasil uji komputasi (Pratamasyari et al., 2017) dari aspek banyak iterasi untuk beberapa metode yang berbeda menunjukkan bahwa kombinasi metode yang diusulkan yaitu metode NMH lebih unggul dibandingkan metode Newton dan metode lainnya dengan total banyak iterasi yang lebih sedikit. Untuk beberapa kasus fungsi nonlinear pada metode NMS. Selanjutnya jika metode NMH dibandingkan dengan kombinasi metode H, NH dan MH untuk beberapa kasus fungsi, banyak iterasi yang diperoleh tidak jauh berbeda nyata namun kombinasi metode NMH bisa dikatakan masih lebih baik dari segi iterasinya.

D. Simpulan

Berdasarkan penyelesaian persamaan polinomial, trigonometri, dan eksponensial didapatkan hasil sebagai berikut: (1) Penyelesaian persamaan polinomial dengan metode NMH = 0.0009920709, metode Olver = 0.0009934262, dan metode Chebyshev = 0.00099342622; (2) Penyelesaian persamaan trigonometri dengan metode NMH = 0.0000000000, metode Olver = 0.0004613134, dan metode Chebyshev = 0.0004613134; (3) Penyelesaian persamaan eksponensial dengan metode NMH = 0.0000149651, metode Olver = 0.0001164297, dan metode Chebyshev = 0.0001164297; dan (4) Penyelesaian persamaan campuran trigonometri dan exponensial dengan metode NMH =, metode Olver = - , dan metode Chebyshev = 0.9210245497.

Dari empat hasil penyelesaian persamaan (polinomial, trigonometri, eksponensial dan campuran trigonometri dan exponensial) tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa laju konvergensi tercepat pada penyelesaian persamaan (polinomial, trigonometri, eksponensial, campuran trigonometri dan exponensial) yaitu dengan metode Newton Midpoint

Halley (NMH). Jadi metode terbaik dalam menyelsaikan alar-akar persamaan non-linear adalah metode Newton Midpoint Halley (NMH).

Daftar Pustaka

Batarius, P. (2018). Perbandingan NR Yang Dimodifiakasi Dan Secant Yang. *Seminar Nasional Riset Dan Teknologi Terapan 8 (RITEKTRA 8)*, 53–63.

Darmawan, R. N., & Zazilah, A. . (2019). Perbandingan Metode Halley dan Olver dalam Penentuan Akar-akar Penyelesaian Polinomial Wilkinson. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika (JTAM)*, *3*(2), 97–102.

Dwi Estuningsih, R., Rosita Program Studi Analisis Kimia, T., AKA Bogor Jl Pangeran Sogiri No, P., Baru, T., Utara, B., Bogor, K., & Barat, J. (2019). *Perbandingan Metode Biseksi Dan Metode Newton Raphson Dalam Penyelesaian Persamaan Non Linear*. *43*(2), 21–23.

HAQUEQY, N., SILALAHI, B. P., & SITANGGANG, I. S. (2016). Uji Komputasi Algoritme Varian Metode Newton Pada Permasalahan Optimasi Nonlinear Tanpa Kendala. *Journal of Mathematics and Its Applications*, *15*(2), 63–76. https://doi.org/10.29244/jmap.15.2.63-76

Lhokseumawe, P. N., Pengantar, K., Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., & Andespa, R. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. In *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201* (Vol. 2, Issue 1).

Mandailina, V., Syaharuddin, S., Pramita, D., Ibrahim, M., & Negara, H. R. P. (2020). Wilkinson Polynomials: Accuracy Analysis Based on Numerical Methods of the Taylor Series Derivative. *Desimal: Jurnal Matematika*, *3*(2), 155–160. https://doi.org/10.24042/djm.v3i2.6134

Negara, H. R. P., Syahruddin, & Kurniawati, Kiki, R. S. (2018). Design GUI of Simulation And Numerical Solution of Equation And Non Linier Equation Systems. *Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan (JARTIKA)*, *1*(2), 90–98.

Nurhayati, Yundari, & Helmi. (2014). *Penyelesaian Numerik Persamaan Diferensial Fuzzy Orde Satu*. *03*(2), 117–124.

Pandia, W., & Sitepu, I. (2021). Penentuan Akar Persamaan Non Linier Dengan Metode Numerik. *Jurnal Mutiara Pendidikan Indonesia*, *6*(2).

PRATAMASYARI, D. A., SILALAHI, B. P., & GURITMAN, S. (2017). Kombinasi Varian Metode Newton Dan Metode Halley Untuk

Menyelesaikan Persamaan Tak Linier. *Journal of Mathematics and Its Applications*, *16*(2), 1–12. https://doi.org/10.29244/jmap.16.2.1-12

Putri, M., & Syaharuddin, S. (2019). Implementations of Open and Closed Method Numerically: A Non-linear Equations Solution Convergence Test. *IJECA (International Journal of Education and Curriculum Application)*, *2*(2), 1. https://doi.org/10.31764/ijeca.v2i2.2041

Sari, F. monika, Yundari, & Helmi. (2014). Penyelesaian Numerik Persamaan Diferensial Linear Homogen Dengan Koefisien Konstan Menggunakan Metode Adams Bashforth Moulton. *Bimaster*, *3*(2), 125–134.

Wigati, J. (2020). Solusi Numerik Persamaan Non-Linier Dengan Metode Bisection Dan Regula Falsi. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, *1*(1), 5–17. https://doi.org/10.33379/gtech.v1i1.262

Yutika, S. (2013). *Konvergensi Modifikasi Varial Metode Chebyshev-Halley Menggunakan Interpolasi Kuadratik*.