



**PENERAPAN ALGORITMA *FISH SCHOOL SEARCH* (FSS)
PADA PENYELESAIAN SISTEM PERSAMAAN
NON-LINIER**

SKRIPSI

Oleh:

**Maizairul Ulfanita
NIM 141810101033**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENERAPAN ALGORITMA *FISH SCHOOL SEARCH* (FSS)
PADA PENYELESAIAN SISTEM PERSAMAAN
NON-LINIER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Matematika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

**Maizairul Ulfanita
NIM 141810101033**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Taufikurrahman dan Ibunda Tri Wahyuningsih tercinta yang telah memberikan doa, kasih sayang, inspirasi, dukungan serta nasehat yang senantiasa mengiringi setiap langkah pembuatan skripsi ini;
2. Kedua adik saya, Firdaus Maulidy Rahman dan Indana Zulfa yang selalu memberikan dukungan dan senantiasa menjadi tempat berbagi suka duka dan kasih sayang;
3. Segenap keluarga besar yang telah memberikan semangat serta kasih sayangnya;
4. Seluruh guru dan dosen sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya;
5. Almamater Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember, SMA Negeri 1 Pamekasan, SMP Negeri 2 Pamekasan, SD Negeri Barurambat Kota III dan RA / TK Al-qur'an Nurul Hikmah Pamekasan.

MOTO

I always wanna be the best of the best.



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Maizairul Ulfanita

NIM : 141810101033

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penerapan Algoritma *Fish School Search* (FSS) pada Penyelesaian Sistem Persamaan Non-Linier” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Maret 2019

Yang menyatakan,

Maizairul Ulfanita
NIM 141810101033

SKRIPSI

**PENERAPAN ALGORITMA *FISH SCHOOL SEARCH* (FSS)
PADA PENYELESAIAN SISTEM PERSAMAAN NON-LINIER**

Oleh

Maizairul Ulfanita
NIM 141810101033

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penerapan Algoritma *Fish School Search* (FSS) pada Penyelesaian Sistem Persamaan Non-linier” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.
NIP. 196610121993031001

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.
NIP. 197211291998021001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Kristiana Wijaya, S.Si., M.Si.
NIP. 197408132000032004

Ikhsanul Halikin, S.Pd., M.Si.
NIP. 198610142014041001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph. D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Penerapan Algoritma *Fish School Search* (FSS) pada Penyelesaian Sistem Persamaan Non-Linier; Maizairul Ulfanita, 141810101033; 2019; 68 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sistem persamaan diartikan sebagai suatu sistem yang terdiri atas dua atau lebih persamaan. Sistem persamaan dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem persamaan linier dan sistem persamaan non-linier. Penyelesaian sistem persamaan dapat melalui dua metode, yaitu metode analitik dan metode numerik. Sistem persamaan non-linier (SPNL) merupakan sistem persamaan yang biasa diselesaikan melalui metode numerik, karena dalam banyak kasus penyelesaian analitik dari sistem persamaan non-linier tidak mudah ditemukan.

Metode *Newton-Raphson* merupakan metode yang sering digunakan dalam menyelesaikan sistem persamaan non-linier. Namun penggunaan metode *Newton-Raphson* mengharuskan untuk menghitung turunan serta penetapan nilai awal. Kelemahan metode *Newton-Raphson* adalah tidak selalu menemukan akar (divergen) jika nilai awal yang ditentukan kurang tepat. Alternatif lain untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier, salah satunya dengan menggunakan algoritma metaheuristik. Algoritma *Fish School Search* (FSS) merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari kebiasaan jenis-jenis ikan pelagis yang memiliki kebiasaan berkelompok. Dalam penelitian ini peneliti menerapkan algoritma FSS pada penyelesaian sistem persamaan non-linier.

Pada penelitian ini digunakan sepuluh sistem persamaan non-linier yang terdiri atas dua dan tiga persamaan. Persamaan non-linier yang digunakan hanya persamaan non-linier berupa fungsi polinomial orde 4, transenden maupun gabungannya. Fungsi transenden yang digunakan berupa fungsi trigonometri, eksponensial dan logaritma. Penerapan algoritma FSS untuk menyelesaikan kesepuluh sistem persamaan non-linier yang digunakan dibantu dengan program yang dibuat menggunakan MATLAB.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, parameter algoritma FSS yaitu $step_{ind_awal}$ dan $step_{ind_akhir}$ tidak berpengaruh secara signifikan terhadap hasil. Semakin kecil ataupun semakin besar nilai parameter tersebut tidak menjamin hasil yang akan didapatkan semakin buruk atau semakin baik. Namun, dilihat dari rata-rata iterasi konvergen, semakin besar nilai parameter $step_{ind_awal}$ dan $step_{ind_akhir}$ algoritma FSS relatif semakin cepat konvergen.

Berdasarkan hasil terbaik algoritma FSS diketahui bahwa algoritma FSS menemukan akar sebenarnya pada tujuh dari sepuluh sistem persamaan non-linier yang digunakan. Berdasarkan perbandingan hasil algoritma FSS dengan metode *Newton-Raphson*, dari kuantitasnya algoritma FSS menemukan solusi lebih baik yang lebih banyak dibandingkan metode *Newton-Raphson*. Namun, rata-rata nilai fungsi $F(x)$ algoritma FSS lebih besar daripada metode *Newton-Raphson*.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala kuasa-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penerapan Algoritma *Fish School Search* (FSS) pada Penyelesaian Sistem Persamaan Non-Linier”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, dengan segala hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Rusli Hidayat, M.Sc. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing dalam penulisan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Kristiana Wijaya, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I dan Bapak Ikhsanul Halikin, S.Pd., M.Si. selaku dosen penguji II yang telah memberikan kritik dan saran.
3. Serta, beberapa pihak yang telah memberikan semangat dan doa.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

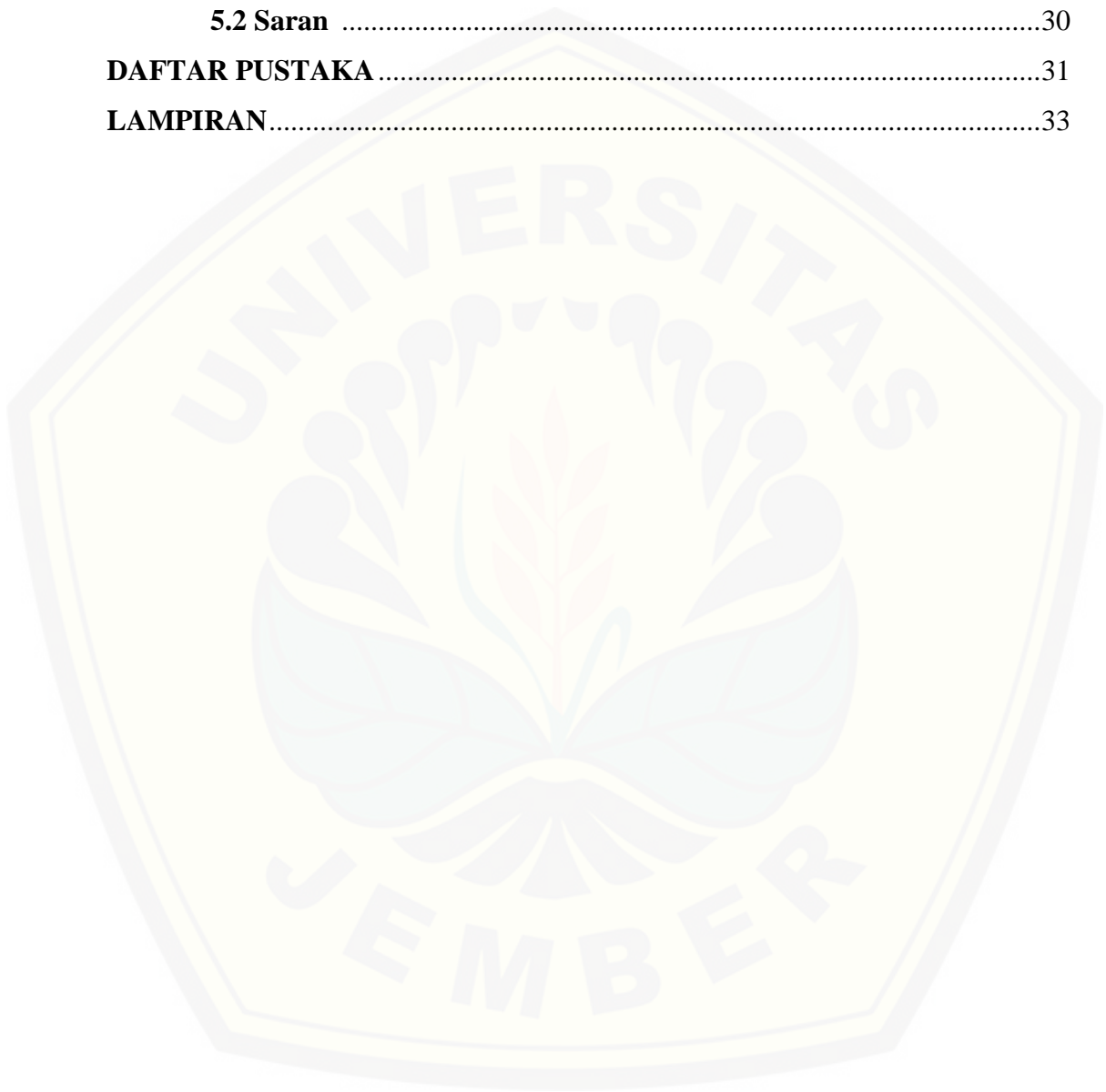
Jember, Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Persamaan Non-Linier	4
2.2 Sistem Persamaan Non-Linier	4
2.3 Metode Numerik	5
2.4 Metode <i>Newton-Raphson</i>	5
2.5 Algoritma <i>Fish School Search (FSS)</i>	6
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	11
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1 Hasil Penelitian.....	14
4.1.1 Langkah Perhitungan Manual	14

4.1.2 Hasil Program dan Simulasi	23
4.2 Pembahasan.....	29
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	33

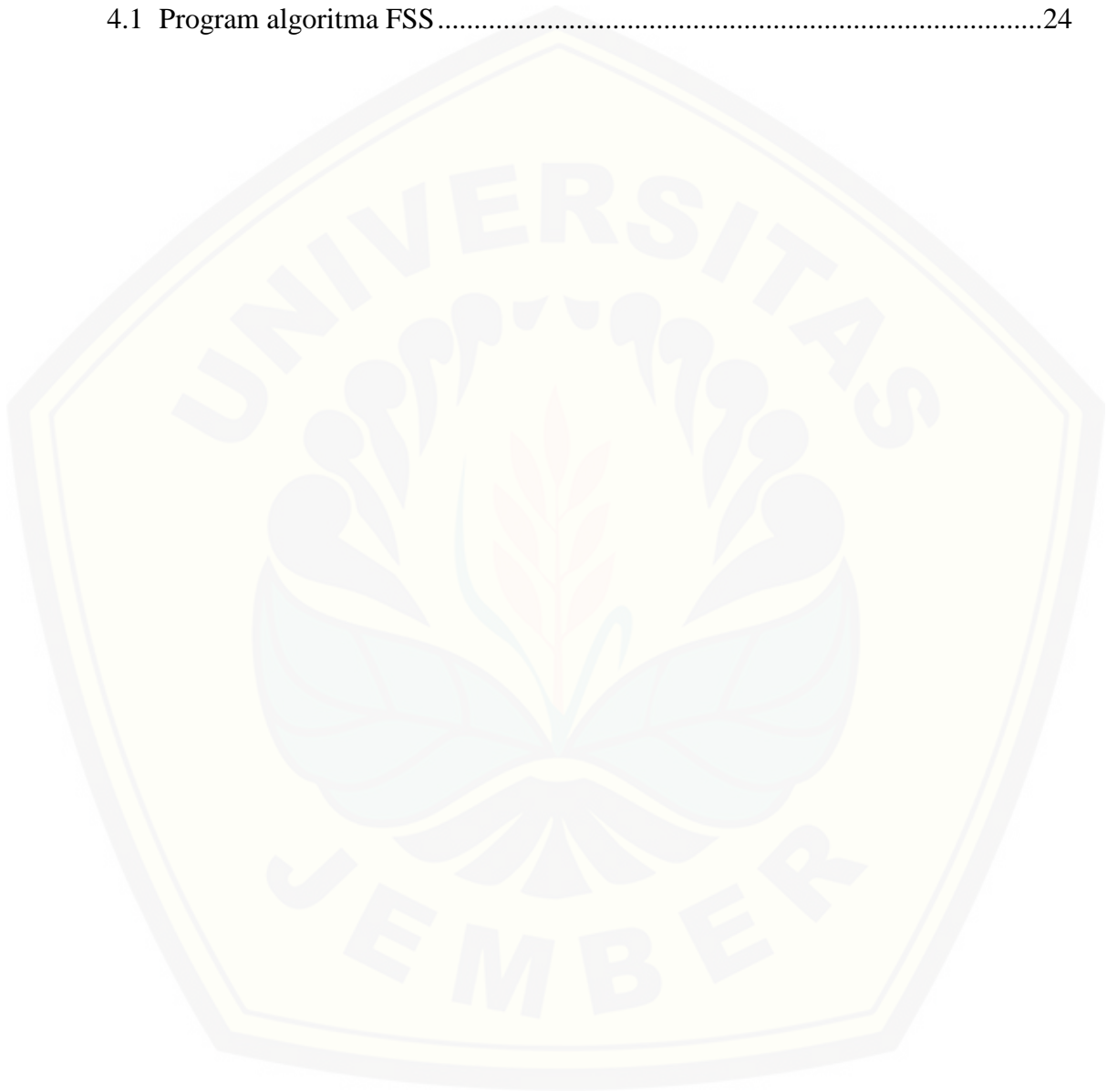


DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Data penelitian	11
4.1 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 1.....	24
4.2 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 2.....	25
4.3 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 3.....	25
4.4 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 4.....	25
4.5 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 5.....	26
4.6 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 6.....	26
4.7 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 7.....	26
4.8 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 8.....	27
4.9 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 9.....	27
4.10 Hasil uji parameter sistem persamaan non-linier 10.....	27
4.11 Perbandingan hasil algoritma FSS dan metode <i>Newton Raphson</i>	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 <i>Flowchart</i> algoritma FSS	10
4.1 Program algoritma FSS	24



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Hasil percobaan metode <i>Newton-Raphson</i>	33
A.1 Percobaan sistem persamaan non-linier 1.....	33
A.2 Percobaan sistem persamaan non-linier 2.....	33
A.3 Percobaan sistem persamaan non-linier 3.....	34
A.4 Percobaan sistem persamaan non-linier 4.....	34
A.5 Percobaan sistem persamaan non-linier 5.....	35
A.6 Percobaan sistem persamaan non-linier 6.....	35
A.7 Percobaan sistem persamaan non-linier 7.....	36
A.8 Percobaan sistem persamaan non-linier 8.....	36
A.9 Percobaan sistem persamaan non-linier 9.....	37
A.10 Percobaan sistem persamaan non-linier 10.....	37
B. Hasil percobaan algoritma FSS	38
B.1 Percobaan sistem persamaan non-linier 1.....	38
B.2 Percobaan sistem persamaan non-linier 2.....	40
B.3 Percobaan sistem persamaan non-linier 3.....	43
B.4 Percobaan sistem persamaan non-linier 4.....	46
B.5 Percobaan sistem persamaan non-linier 5.....	49
B.6 Percobaan sistem persamaan non-linier 6.....	51
B.7 Percobaan sistem persamaan non-linier 7.....	54
B.8 Percobaan sistem persamaan non-linier 8.....	57
B.9 Percobaan sistem persamaan non-linier 9.....	59
B.10 Percobaan sistem persamaan non-linier 10.....	62
C. Skrip program	65
C.1 Skrip utama algoritma FSS.....	65
C.2 Skrip <i>individual movement</i>	66
C.3 Skrip <i>feeding</i>	67
C.4 Skrip <i>collective instictive movement</i>	67
C.5 Skrip <i>collective volitive movement</i>	67

C.6 Skrip utama metode *Newton-Raphson*.....68



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan salah satu ilmu yang memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai bidang, sehingga dijadikan sebagai ilmu dasar untuk semua jenis dan jenjang pendidikan. Seiring dengan berkembangnya zaman, ilmu matematika juga mengalami banyak perkembangan serta penerapannya semakin meluas. Terdapat banyak kajian dalam ilmu matematika, salah satunya adalah sistem persamaan.

Sistem persamaan merupakan suatu sistem yang terdiri atas dua atau lebih persamaan. Terdapat dua jenis sistem persamaan, yaitu sistem persamaan linier dan sistem persamaan non-linier. Sistem persamaan dapat diselesaikan dengan dua metode, yaitu metode analitik dan metode numerik. Sistem persamaan non-linier merupakan sistem persamaan yang biasa diselesaikan melalui metode numerik, karena dalam banyak kasus penyelesaian analitik dari sistem persamaan non-linier tidak mudah ditemukan.

Proses perhitungan secara numerik agar tercapai kekonvergenan dilakukan dengan pencarian pendekatan nilai akar melalui proses perhitungan secara berulang. Beberapa metode numerik yang telah digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier antara lain metode *Newton-Raphson* dan *Jacobian*. Utami dkk. (2013) melakukan penelitian tentang perbandingan solusi sistem persamaan non-linier menggunakan metode *Newton-Raphson* dan metode *Jacobian*. Hasil yang diperoleh yaitu metode *Newton-Raphson* lebih baik daripada metode *Jacobian*, karena hasil metode *Newton-Raphson* lebih cepat konvergen.

Metode *Newton-Raphson* merupakan metode yang sering digunakan dalam menyelesaikan sistem persamaan non-linier karena tingkat kecepatan perhitungannya yang cukup baik untuk menghasilkan solusi yang mendekati atau sama dengan solusi eksak. Namun, metode ini mengharuskan untuk menghitung fungsi $f'(x_n)$ serta penetapan nilai awal x_n yang sulit dan tidak selalu menemukan akar. Hal tersebut menjadi kelemahan metode *Newton-Raphson*. Karena alasan itu para peneliti termotivasi untuk melakukan penelitian guna

mencari metode yang paling efektif untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier, salah satunya dengan menggunakan algoritma metaheuristik.

Algoritma metaheuristik merupakan algoritma yang dibangun untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan optimasi melalui proses aproksimasi. Algoritma metaheuristik banyak terinspirasi dari alam seperti prinsip biologi, fisika atau etologi. Terdapat beberapa penelitian yang menerapkan algoritma metaheuristik pada permasalahan persamaan non-linier maupun sistem persamaan non-linier. Farikha (2018) meneliti tentang penggunaan *Cockroach Swarm Optimization Algorithm* (CSOA) untuk menyelesaikan persamaan non-linier yang memuat akar kompleks. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa CSOA mampu menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Newton-Raphson*. Peneliti lain, Solehatin (2018) menerapkan *Harmony Search Algorithm with Modified Differential Mutation Operator* (HSMD) untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier. Pada penelitiannya hasil yang didapat menunjukkan bahwa HSMD lebih baik jika dibandingkan dengan metode *Newton-Raphson*.

Selain algoritma yang telah diuraikan di atas, terdapat algoritma metaheuristik baru yaitu *Fish School Search* (FSS). Algoritma FSS merupakan algoritma yang terinspirasi dari kebiasaan jenis-jenis ikan pelagis yang memiliki kebiasaan berkelompok. Filho dkk. (2009) menerapkan algoritma FSS pada permasalahan fungsi yang memiliki puncak atau lembah lebih dari satu. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa algoritma FSS memperoleh hasil yang baik dibandingkan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk menerapkan algoritma FSS pada penyelesaian sistem persamaan non-linier.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil terbaik algoritma FSS pada penyelesaian sistem persamaan non-linier dan

perbandingan algoritma FSS dengan metode *Newton-Raphson* berdasarkan hasil terbaik tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Persamaan non-linier yang digunakan hanya persamaan non-linier berupa fungsi polinomial orde 4, transenden maupun gabungannya.
- b. Fungsi transenden yang digunakan berupa fungsi trigonometri, eksponensial dan logaritma.
- c. Sistem persamaan non-linier yang digunakan terdiri atas dua dan tiga persamaan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil terbaik algoritma FSS dan perbandingannya terhadap hasil metode *Newton-Raphson* berdasarkan hasil terbaik pada penyelesaian sistem persamaan non-linier.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah memberikan wawasan yang baru dalam menyelesaikan sistem persamaan non-linier yang dipandang dapat memberikan metode optimasi metaheuristik yang baru untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier dengan menggunakan algoritma FSS. Selain itu, penelitian ini sekaligus memberikan alternatif untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier selain metode *Newton-Raphson* dan metode-metode pengembangannya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persamaan Non-Linier

Persamaan non-linier merupakan persamaan yang mempunyai peubah dengan pangkat terkecil yaitu dua. Tujuan penyelesaian persamaan non-linier adalah menentukan akar-akarnya. Akar dari sebuah persamaan $f(x) = 0$ merupakan nilai-nilai x yang menyebabkan nilai $f(x)$ sama dengan nol.

Menurut Chapra dan Canale (1998) fungsi dari persamaan non-linier dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Fungsi aljabar

Fungsi aljabar diartikan sebagai suatu fungsi yang dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$f_n y^n + f_{n-1} y^{n-1} + \dots + f_1 y + f_0 = 0$$

Polinomial dapat dikategorikan sebagai fungsi yang sederhana dengan bentuk umum berikut:

$$f_n x = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

b. Fungsi transendental (*trancendental function*)

Fungsi transendental merupakan fungsi yang berbentuk eksponensial, trigonometri atau logaritma.

2.2 Sistem Persamaan Non-Linier

Sistem persamaan non-linier adalah himpunan n persamaan non-linier dengan $n > 1$, himpunan solusinya harus memenuhi semua n persamaan tersebut (Kokasih, 2006). Penyelesaian sistem persamaan non-linier harus dilakukan secara simultan. Sistem persamaan non-linier dengan n persamaan dan n variabel dapat diselesaikan dengan beberapa metode secara numerik, diantaranya adalah Metode *Newton-Raphson*, Regulasi Falsi, *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Cat Swarm Optimization* (CSO).

Sistem persamaan non-linier secara umum dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{cases} S_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0 \\ S_2 = f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0 \\ \vdots \\ S_n = f_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0 \end{cases}$$

2.3 Metode Numerik

Metode numerik adalah salah satu cabang atau bidang ilmu matematika. Metode numerik merupakan teknik atau cara untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang diformulasikan secara matematis dengan cara operasi hitung sederhana (tambah, kurang, kali dan bagi) (Triatmodjo, 1992). Dalam metode numerik ini dilakukan operasi hitungan yang berulang-ulang untuk menyelesaikan penyelesaian numeriknya.

Penyelesaian numerik dapat ditentukan dengan melakukan prosedur perulangan (iterasi) tertentu, sehingga setiap hasil akan lebih teliti dari perkiraan sebelumnya. Dengan melakukan prosedur perulangan tersebut yang dianggap cukup dapat diperoleh hasil yang mendekati nilai sebenarnya. Terdapat beberapa metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier, diantaranya yaitu metode *Newton-Raphson*, metode titik tetap, metode *Jacobian*, metode *Broyden* dan sebagainya.

2.4 Metode Newton-Raphson

Metode *Newton-Raphson* merupakan salah satu metode numerik yang paling sering digunakan untuk menemukan akar persamaan maupun sistem persamaan. Metode *Newton-Raphson* didasari dari ekspansi deret Taylor orde pertama (Burden dan Faires, 2005).

$$f(x) = f(x_1) + (x - x_1)f'(x_1) + \dots$$

$$f(x) \approx f(x_1) + (x - x_1)f'(x_1)$$

Karena untuk mencari akar x , fungsi harus sama dengan nol ($f(x) = 0$), maka

$$f(x_1) + (x - x_1)f'(x_1) = 0$$

$$x = x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$$

$$x_i = x_{i-1} - \frac{f(x_{i-1})}{f'(x_{i-1})}$$

Dalam penyelesaian sistem persamaan non-linier yang terdiri atas himpunan penyelesaian, sistem tersebut harus diubah ke dalam bentuk matriks dan vektor sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_{i-1} - \begin{bmatrix} \frac{\partial(F_1)}{\partial x_1} & \frac{\partial(F_1)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial(F_1)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial(F_2)}{\partial x_1} & \frac{\partial(F_2)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial(F_2)}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial(F_n)}{\partial x_1} & \frac{\partial(F_n)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial(F_n)}{\partial x_n} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}_{i-1}$$

$$X_i = X_{i-1} - J(x)^{-1} \cdot F(X_{i-1})$$

2.5 Algoritma *Fish School Search*

Algoritma FSS terinspirasi dari kebiasaan jenis-jenis ikan pelagis yang memiliki kebiasaan berkelompok. Fenomena sosial ini dapat dipahami dalam dua cara yaitu saling melindungi agar terhindar dari pemangsa, dan bersinergi satu sama lain dalam mencari makanan. Kedua cara tersebut digunakan untuk meningkatkan pertahanan hidup seluruh anggota kelompok.

Algoritma FSS diawali dengan membangkitkan posisi ikan (solusi) secara acak dalam ruang pencarian. Algoritma FSS memiliki empat operator, yang mana dapat dikategorikan menjadi dua kelas: mencari makanan (*Feeding*) dan berenang (*Swimming*). *Feeding* merepresentasikan kualitas solusi, sedangkan *Swimming* merepresentasikan perpindahan posisi ikan.

Berikut empat operator algoritma FSS sebagai berikut :

a. *Individual Movement*

Individual movement diterapkan pada setiap proses iterasi untuk setiap individu ($i = 1, 2, \dots, N_{pop}$) dalam kelompok. Setiap individu memilih posisi baru secara acak di lingkungannya, kemudian dievaluasi menggunakan fungsi *fitness*. Posisi baru dibangkitkan dari penambahan

posisi awal dengan bilangan acak $[-1, 1]$ yang dikali dengan $step_{ind}$ sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2.1) berikut.

$$n_{i,d}(t) = x_{i,d}(t) + rand(-1, 1) step_{ind} \quad (2.1)$$

dengan

$x_{i,d}$ = posisi awal individu i pada dimensi d

$n_{i,d}$ = posisi baru individu i pada dimensi d

$rand()$ = bilangan acak pada selang $[-1, 1]$

Meskipun setiap individu membangkitkan posisi baru dari setiap proses iterasi, namun pergerakan hanya terjadi jika posisi baru tersebut memiliki *fitness* yang lebih baik daripada posisi awal. Selisih *fitness* (Δf) dan pemindahan ($\Delta \vec{x}$) dievaluasi berdasarkan pada Persamaan (2.4) dan (2.5). Perhitungan $\Delta \vec{x}$ hanya dilakukan jika pergerakan individu terjadi.

$$F(x) = |f_1(x_1, x_2, \dots, x_n)| + |f_2(x_1, x_2, \dots, x_n)| + \dots \\ + |f_n(x_1, x_2, \dots, x_n)| \quad (2.2)$$

$$fitness = \frac{1}{F(x)+1} \quad (2.3)$$

$$\Delta f = f(\vec{n}) - f(\vec{x}) \quad (2.4)$$

$$\Delta \vec{x} = \vec{n} - \vec{x} \quad (2.5)$$

$step_{ind}$ adalah sebuah persentase dari amplitudo ruang pencarian dan berkurang secara linier selama proses iterasi dengan Persamaan (2.6) untuk meningkatkan kemampuan mengeksplorasi pada proses iterasi selanjutnya.

$$step_{ind}(t+1) = step_{ind}(t) - \frac{(step_{ind_initial} - step_{ind_final})}{iterations} \quad (2.6)$$

dengan

$iterations$ = banyaknya iterasi yang digunakan dalam simulasi

$step_{ind_initial}$ = $step_{ind_awal}$

$step_{ind_final}$ = $step_{ind_akhir}$

b. *Feeding*

Semua individu memiliki bobot awal yang sama yaitu 1. Setiap individu dapat meningkatkan bobotnya tergantung pada tingkat keberhasilan yang diperoleh oleh *individual movement*. Peningkatan bobot/berat setiap individu tergantung pada selisih *fitness*. Bobot individu diperbarui berdasarkan pada Persamaan (2.7).

$$W_i(t+1) = W_i(t) + \frac{\Delta f_i}{\max(\Delta f)} \quad (2.7)$$

dengan

$W_i(t)$ = bobot ikan i

Δf_i = selisih *fitness* individu i

$\max(\Delta f)$ = nilai maksimal dari selisih *fitness* diantara seluruh individu.

c. *Collective instinctive movement*

Hanya ikan yang berhasil melakukan *individual movement* yang mempengaruhi arah dari pergerakan kelompok. Arah pergerakan kelompok (\vec{I}) dievaluasi menggunakan Persamaan (2.8). Kemudian, seluruh individu dalam kelompok harus memperbarui posisinya dengan Persamaan (2.9).

$$\vec{I}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta \vec{x}_i \Delta f_i}{\sum_{i=1}^N \Delta f_i} \quad (2.8)$$

$$\vec{x}_i(t+1) = \vec{x}_i(t) + \vec{I}(t) \quad (2.9)$$

d. *Collective volitive movement*

Pergerakan ini didasarkan pada keseluruhan tingkat keberhasilan dari seluruh individu dalam kelompok. Jika bobot kelompok individu tersebut meningkat, hal tersebut menunjukkan bahwa pencarian telah berhasil. Selanjutnya, radius kelompok harus diperkecil untuk meningkatkan kemampuan eksploitasi. Pengecilan kelompok individu diterapkan sebagai langkah masuk ke setiap posisi individu yang berhubungan dengan *barycenter* kelompok.

Barycenter kelompok diperoleh dengan memperhatikan semua posisi individu dan bobotnya, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.10). Seluruh individu harus memperbarui posisinya berdasarkan pada Persamaan (2.11) jika total bobot kelompok meningkat pada proses iterasi, atau berdasarkan pada Persamaan (2.12), jika total bobot kelompok menurun pada proses iterasi.

$$\vec{B}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{x}_i(t) w_i(t)}{\sum_{i=1}^N w_i(t)} \quad (2.10)$$

$$\vec{x}(t+1) = \vec{x}(t) - step_{vol} \text{rand}(0,1) \frac{(\vec{x}(t) - \vec{B}(t))}{distance(\vec{x}(t), \vec{B}(t))} \quad (2.11)$$

$$\vec{x}(t+1) = \vec{x}(t) + step_{vol} \text{rand}(0,1) \frac{(\vec{x}(t) - \vec{B}(t))}{distance(\vec{x}(t), \vec{B}(t))} \quad (2.12)$$

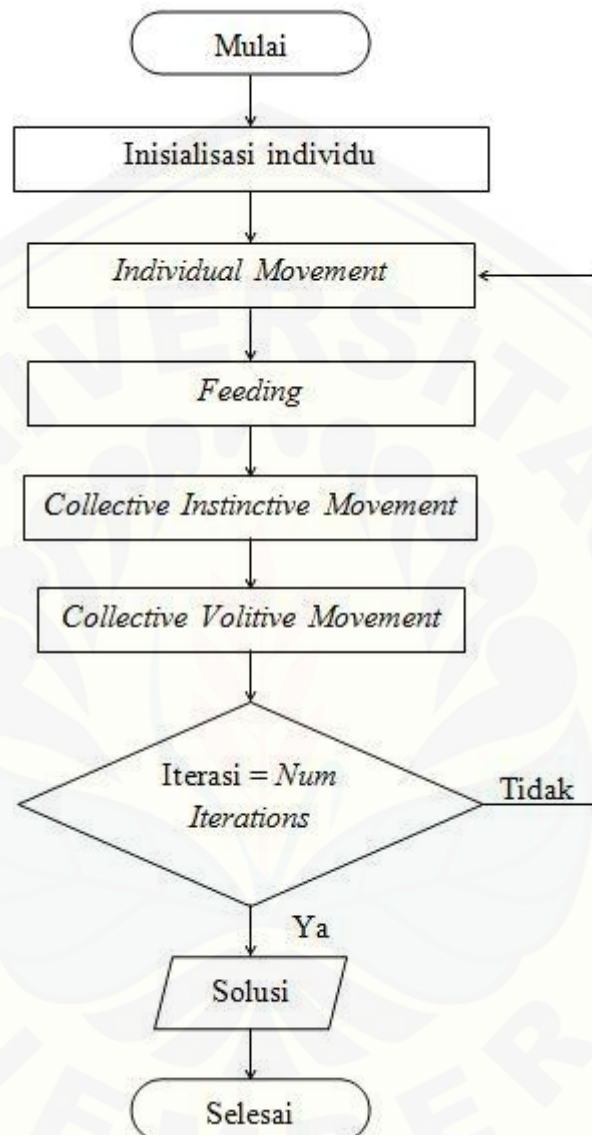
dengan

$distance()$ = jarak *Euclidean* antara *barycenter* dengan posisi individu

$step_{vol}$ = langkah untuk mengontrol perpindahan

$step_{vol}$ harus berada pada tingkat magnitudo yang sama yang digunakan pada *individual movement*. Karena $step_{vol}$ dikalikan dengan bilangan acak [0, 1] maka nilai $step_{vol}$ yang digunakan dua kali dari nilai $step_{ind}$.

Langkah-langkah pada algoritma FSS diilustrasikan dengan *flowchart* pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Flowchart* algoritma FSS

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini digunakan sepuluh sistem persamaan non-linier dua variabel dan tiga variabel yang diambil dari beberapa sumber. Sistem persamaan non-linier yang digunakan mengandung persamaan non-linier yang berupa fungsi polinomial orde 4, transenden dan gabungannya. Fungsi transenden yang digunakan berupa trigonometri, eksponensial dan logaritma. Sepuluh sistem persamaan non-linier tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data penelitian

No	Sistem	Sumber
1	$\cos(2x) - \cos(2y) - 0,4 = 0$ $2(y - x) + \sin(2y) - \sin(2x) - 1,2 = 0$	Azmi, 2018
2	$x^2 + 3 \ln(x) - y^2 = 0$ $2x^2 - xy - 5x + 1 = 0$	Singh, 2013
3	$x^4y - xy + 2x - y - 1 = 0$ $ye^{-x} + x - y - e^{-1} = 0$	Chen, 2017
4	$x^2 + y^2 + z^2 - 9 = 0$ $xyz - 1 = 0$ $x + y - z^2 = 0$	Noor and Waseem, 2009
5	$x + \cos(xy) - z^2 - 1,1 = 0$ $x^2 - 10y - e^{yz} + 0,8 = 0$ $xz + y^2 - z - 0,3 = 0$	Nasiha, 2008
6	$x + 2y - 3 = 0$ $2x^2 + y^2 - 5 = 0$	Darvishi and Barati, 2007
7	$x^2 - y^2 - 4 = 0$ $x^2 + y^2 - 16 = 0$	Singh, 2013
8	$x^2 + y^2 + z^2 - 1 = 0$ $2x^2 + y^2 - 4z = 0$ $3x^2 - 4y^2 + z^2 = 0$	Noor and Waseem, 2009
9	$x^2 - 10x + y^2 + 8 = 0$ $xy^2 + x - 10y + 8 = 0$	Ozel, 2010
10	$3 \ln(x) - x + y^2 = 0$ $5x - 2x^2 + xy - 1 = 0$	Nasiha, 2008

3.2 Langkah-langkah penelitian

Penulis menerapkan algoritma FSS untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier pada penelitian ini. Langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang menunjang penelitian ini. Referensi yang dipelajari berhubungan dengan sistem persamaan non-linier serta algoritma FSS.

b. Menentukan Sistem Persamaan Non-Linier

Pada tahap ini akan dicari sistem persamaan non-linier yang dirujuk dari beberapa referensi yaitu jurnal, skripsi maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Fungsi yang digunakan disesuaikan dengan batasan masalah pada penelitian ini.

c. Mengolah Data dengan Algoritma FSS

Permasalahan yang menjadi objek pada penelitian ini diolah dengan menggunakan algoritma metaheuristik yaitu algoritma FSS. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Inisialisasi populasi awal setiap individu.
- 2) Evaluasi fungsi *fitness* setiap individu.
- 3) Menerapkan *individual movement* menggunakan Persamaan (2.1), (2.4) dan (2.5) setiap individu.
- 4) Menerapkan *feeding* menggunakan Persamaan (2.7) setiap individu.
- 5) Menerapkan *collective instinctive movement* menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9) setiap individu.
- 6) Menerapkan *collective volitive movement* menggunakan Persamaan (2.10), (2.11) atau (2.12) setiap individu.
- 7) Jika iterasi mencapai maksimal iterasi atau nilai *fitness* terbaik (terbesar) sama dengan satu (1), maka algoritma berhenti. Namun, jika belum memenuhi kriteria tersebut, perhitungan kembali ke langkah 3.

d. Membuat Program

Pembuatan program penerapan algoritma FSS pada penyelesaian sistem persamaan non-linier dilakukan menggunakan *software* MATLAB R2015b. Program dibuat dalam bentuk *Graphical User Interface* (GUI).

e. Simulasi Program Algoritma FSS

Pada tahap ini program yang telah dibuat akan dijalankan untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linier yang telah ditentukan. Nilai-nilai parameter yang akan digunakan pada simulasi ini antara lain:

- 1) Populasi (N_{pop}): 25
- 2) $step_{ind_awal}$: 0,1; 0,5; 1; 2.
- 3) $step_{ind_akhir}$: 0,001; 0,01; 0,1; 0,5; 1.
- 4) Iterasi maksimal (*num iterations*): 1000.

f. Analisis Hasil

Peneliti terlebih dahulu menganalisis pengaruh parameter algoritma FSS terhadap hasil penyelesaian sistem persamaan non-linier. Setelah itu hasil terbaik algoritma FSS akan dibandingkan dengan hasil metode *Newton-Raphson*. Hal ini dilakukan dalam menentukan akurasi hasil yang diperoleh oleh algoritma FSS. Kriteria keberhasilan berupa tingkat akurasi hasil yang diperoleh.

g. Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan dengan memberikan jawaban dari tujuan penelitian ini. Saran-saran juga diberikan untuk perbaikan bagi penelitian selanjutnya.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diambil kesimpulan bahwa algoritma FSS menemukan solusi terbaik sebagai berikut.

- a. Sistem persamaan non-linier 1: $x = 0,6802$; $y = 2,2600$
- b. Sistem persamaan non-linier 2: $x = 1,3192$; $y = -1,6036$
- c. Sistem persamaan non-linier 3: $x = 1$; $y = 1$
- d. Sistem persamaan non-linier 4: $x = 2,5725$; $y = -0,2554$; $z = -1,5222$
- e. Sistem persamaan non-linier 5: $x = 0,2676$; $y = -0,0134$; $z = -0,4094$
- f. Sistem persamaan non-linier 6: $x = -0,8214$; $y = 1,9107$
- g. Sistem persamaan non-linier 7: $x = -3,1623$; $y = 2,4495$
- h. Sistem persamaan non-linier 8: $x = 0,6983$; $y = 0,6285$; $z = 0,3426$
- i. Sistem persamaan non-linier 9: $x = 1$; $y = 1$
- j. Sistem persamaan non-linier 10: $x = 0,4127$; $y = -1,7515$

Berdasarkan solusi terbaik, bahwa algoritma FSS menemukan akar sebenarnya pada tujuh dari sepuluh sistem persamaan non-linier yang digunakan. Berdasarkan kuantitas algoritma FSS menemukan solusi lebih baik yang lebih banyak dibandingkan metode *Newton-Raphson*, dan rata-rata nilai fungsi $F(x)$ algoritma FSS lebih besar daripada metode *Newton-Raphson*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk menerapkan algoritma FSS pada kasus numerik yang lain guna menambah wawasan baru ketika suatu permasalahan numerik diselesaikan dari sudut pandang masalah optimasi, misalnya penyelesaian persamaan differensial atau kasus integrasi.

DAFTAR PUSTAKA

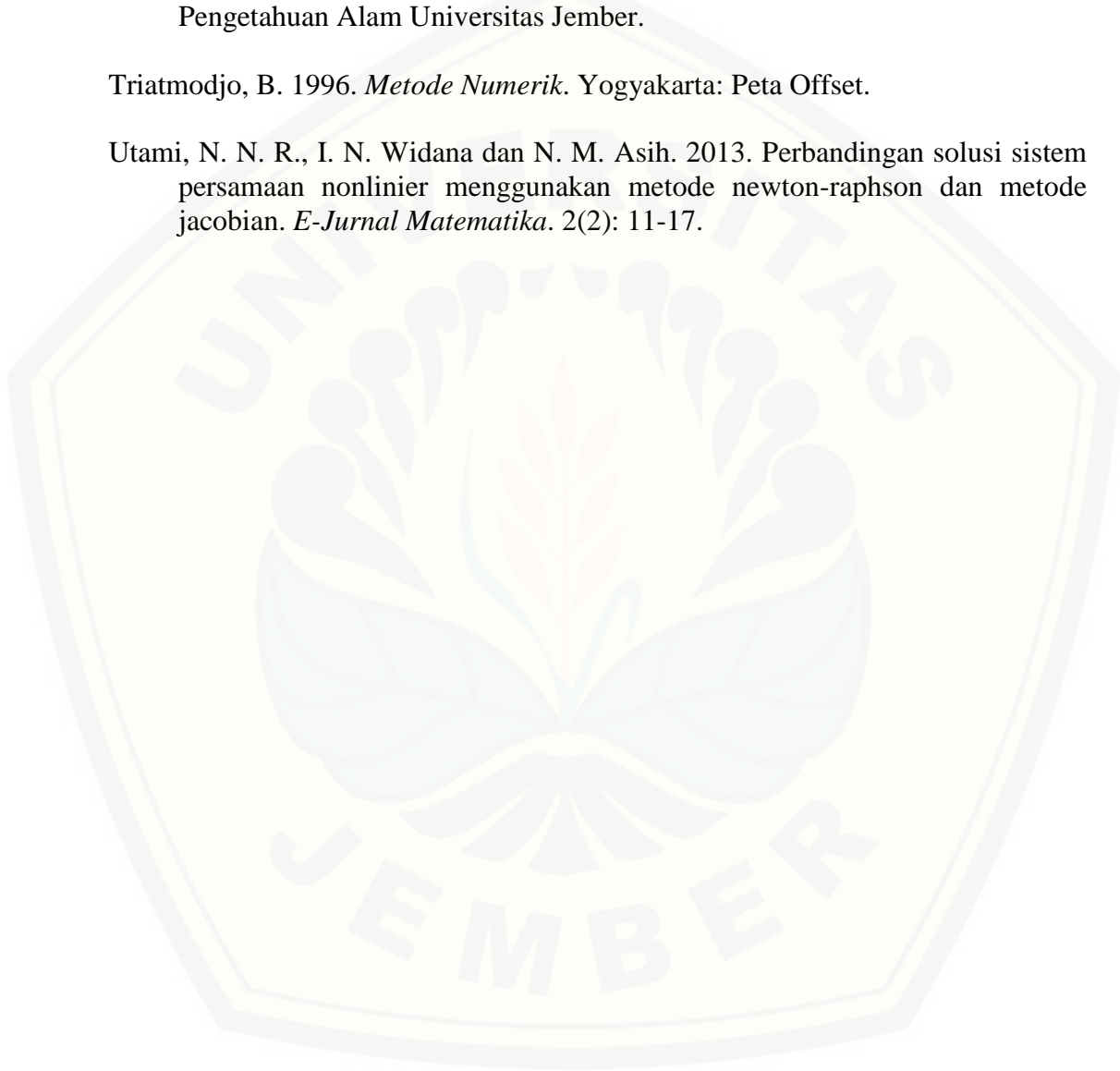
- Azmi, A. U. 2018. Perbandingan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dan Algoritma Glowworm Swarm Optimization (GSO) Dalam Penyelesaian Sistem Persamaan Non Linier. *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Burden, R.L. dan J.D. Faires. 2005. Numerical Analysis. *Numerical Solutions of Nonlinear Systems of Equations*. Belmont: Thomson Brooks/Cole.
- Chapra, S. C. dan R. P. Canale 1989. *Metode Numerik untuk Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Chen, Z., X. Qiu dan B. Chen. 2017. The iterative methods with higher order convergence for solving a system of nonlinear equations. *Journal of Nonlinear Sciences and Application*. 10: 3834-3842.
- Darvishi, M. T. dan A. Barati. 2007. A Third-Order Newton-Type Method to Solve Systems of Nonlinear Equations. *Applied Mathematic and Computation*. 630-635.
- Farikha, E. F. 2018. Penerapan Cockroach Swarm Optimization Algorithm (CSOA) Pada Penyelesaian Persamaan Polinomial Yang Memuat Akar Kompleks. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Filho, C. J., F. B. Neto, M. F. Sousa, M. R. Pontes dan S. S. Madeiro. 2009. On the Influence of the Swimming Operators in the Fish School Search Algorithm. *Proceedings of the 2009 IEEE international Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. 5157-5162.
- Kokasih, P. B. 2006. *Komputasi Numerik Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Nasiha, K. 2008. Penyelesaian Sistem Persamaan Tak Linier Dengan Metode Newton-Raphson. *Skripsi*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Noor, M. A., dan M. Waseem. 2009. Some iterative methods for solving a system of nonlinear equations. *Computer and Mathematic with Application*. 57(1): 101-106.
- Ozel, M. 2010. A New Decomposition Method for Solving System of Nonlinear Equations. *Mathematical and Computational Applications*. 15(1): 89-95.

Singh, S. 2013. A system of nonlinear equations with singular jacobian. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2(7): 2650-2653.

Solehatin, S. 2018. Penerapan *Harmony Search Algorithm with Modified Differential Mutation Operator (HSMD)* Pada Penyelesaian Sistem Persamaan Non Linier. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Triatmodjo, B. 1996. *Metode Numerik*. Yogyakarta: Peta Offset.

Utami, N. N. R., I. N. Widana dan N. M. Asih. 2013. Perbandingan solusi sistem persamaan nonlinier menggunakan metode newton-raphson dan metode jacobian. *E-Jurnal Matematika*. 2(2): 11-17.



LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil percobaan metode *Newton-Raphson*

A.1 Percobaan sistem persamaan non-linier 1

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0,0)	NaN	NaN	NaN	1000	3,0109 s
(0,0.5)	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	7	1,8182 s
(0,1)	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	11	1,8035 s
(0.5,0)	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	10	1,7894 s
(0.5,0.5)	NaN	NaN	NaN	1000	3,1508 s
(0.5,1)	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	10	1,7832 s
(1,0)	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	9	1,7847 s
(1,0.5)	-33,8772833895588050	-32,2975284480709770	1,1324274851176597e-14	1000	1,9432 s
(1,1)	NaN	NaN	NaN	1000	3,0508 s

A.2 Percobaan sistem persamaan non-linier 2

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0)	NaN	NaN	NaN	1000	3,1257 s
(0, 0.5)	NaN	NaN	NaN	1000	2,9612 s
(0, 1)	NaN	NaN	NaN	1000	4,216 s
(0.5, 0)	1,3192058033298923	-1,6035565551874147	4,4408920985006262e-16	1000	1,9839 s
(0.5, 0.5)	0,1772037723300865	-0,3552277583260022	0,0000000000000000e+00	13	2,0438 s
(0.5, 1)	0,1772037723300865	-0,3552277583260021	8,8817841970012523e-16	1000	2,0579 s
(1, 0)	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	8	2,0407 s
(1, 0.5)	0,1772037723300865	-0,3552277583260021	8,8817841970012523e-16	1000	2,0548 s
(1, 1)	0,1772037723300865	-0,3552277583260022	0,0000000000000000e+00	13	2,2242 s

A.3 Percobaan sistem persamaan non-linier 3

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0)	0,2843399202059508	-0,3375481577787437	0,0000000000000000e+00	6	1,8696 s
(0, 0,5)	0,2843399202059508	-0,3375481577787437	0,0000000000000000e+00	9	1,8166 s
(0, 1)	NaN	NaN	NaN	1000	4,4874 s
(0,5, 0)	0,2843399202059507	-0,3375481577787439	0,0000000000000000e+00	7	1,8069 s
(0,5, 0,5)	0,2843399202059508	-0,3375481577787437	0,0000000000000000e+00	7	1,8027 s
(0,5, 1)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	19	1,7947 s
(1, 0)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	2	1,7819 s
(1, 0,5)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	2	1,787 s
(1, 1)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	1	1,7824 s

A.4 Percobaan sistem persamaan non-linier 4

Nilai Awal (x, y, z)	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	3,0239 s
(0, 0, 1)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,0627 s
(0, 1, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,0183 s
(0, 1, 1)	0,2427458787571365	2,4913756968306888	1,6535179393002741	6,6613381477509392e-16	1000	0,34453 s
(1, 0, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	0,99965 s
(1, 0, 1)	2,4913756968306888	0,2427458787571365	1,6535179393002744	4,4408920985006262e-16	1000	0,29085 s
(1, 1, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,077 s
(1, 1, 1)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	0,89977 s

A.5 Percobaan sistem persamaan non-linier 5

Nilai Awal (x, y, z)	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0, 0)	0,2675780950979849	-0,0133898204836643	-0,4093551963707665	5,5511151231257827e-17	1000	0,2888 s
(0, 0, 1)	1,2647984758369251	0,1255450908603127	1,0734141473530341	4,9960036108132044e-16	1000	0,96553 s
(0, 1, 0)	0,5558640081019505	0,0116842516648241	-0,6751614004114894	0,0000000000000000e+00	8	0,13768 s
(0, 1, 1)	1,2647984758369251	0,1255450908603127	1,0734141473530341	4,9960036108132044e-16	1000	0,2915 s
(1, 0, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	2,1 s
(1, 0, 1)	1,2647984758369248	0,1255450908603127	1,0734141473530341	3,8857805861880479e-16	1000	0,28233 s
(1, 1, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,2551 s
(1, 1, 1)	1,2647984758369251	0,1255450908603127	1,0734141473530341	4,9960036108132044e-16	1000	0,28577 s

A.6 Percobaan sistem persamaan non-linier 6

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0)	NaN	NaN	NaN	1000	2,788 s
(0, 0,5)	-0,8213672050459183	1,9106836025229590	4,4408920985006262e-16	1000	2,1012 s
(0, 1)	-0,8213672050459182	1,9106836025229592	8,8817841970012523e-16	1000	1,9705 s
(0,5, 0)	1,4880338717125849	0,7559830641437075	8,8817841970012523e-16	1000	1,9602 s
(0,5, 0,5)	1,4880338717125847	0,7559830641437076	8,8817841970012523e-16	1000	2,1806 s
(0,5, 1)	1,4880338717125847	0,7559830641437076	8,8817841970012523e-16	1000	2,1085 s
(1, 0)	1,4880338717125849	0,7559830641437075	8,8817841970012523e-16	1000	1,9525 s
(1, 0,5)	1,4880338717125849	0,7559830641437075	8,8817841970012523e-16	1000	1,9485 s
(1, 1)	1,4880338717125849	0,7559830641437075	8,8817841970012523e-16	1000	1,9575 s

A.7 Percobaan sistem persamaan non-linier 7

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0)	NaN	NaN	NaN	1000	4,4034 s
(0, 0,5)	NaN	NaN	NaN	1000	3,4008 s
(0, 1)	NaN	NaN	NaN	1000	4,5067 s
(0,5, 0)	NaN	NaN	NaN	1000	3,3776 s
(0,5, 0,5)	3,1622776601683795	2,4494897427831783	4,4408920985006262e-15	1000	2,0616 s
(0,5, 1)	3,1622776601683791	2,4494897427831779	4,4408920985006262e-15	1000	1,9566 s
(1, 0)	NaN	NaN	NaN	1000	3,2582 s
(1, 0,5)	3,1622776601683791	2,4494897427831779	4,4408920985006262e-15	1000	1,9545 s
(1, 1)	3,1622776601683795	2,4494897427831783	4,4408920985006262e-15	1000	1,9519 s

A.8 Percobaan sistem persamaan non-linier 8

Nilai Awal (x, y, z)	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,15 s
(0, 0, 1)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,2053 s
(0, 1, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	3,5895 s
(0, 1, 1)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	3,5653 s
(1, 0, 0)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	3,6356 s
(1, 0, 1)	NaN	NaN	NaN	NaN	1000	1,1016 s
(1, 1, 0)	0,6982886099715139	0,6285242979602138	0,3425641896895695	2,4980018054066022e-16	1000	0,28076 s
(1, 1, 1)	0,6982886099715139	0,6285242979602138	0,3425641896895695	2,4980018054066022e-16	1000	0,28143 s

A.9 Percobaan sistem persamaan non-linier 9

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0)	1,0000000000000000	1,0000000000000002	1,7763568394002505e-15	1000	5,3734 s
(0, 0,5)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	6	1,8201 s
(0, 1)	1,0000000000000002	1,0000000000000000	1,7763568394002505e-15	1000	1,9847 s
(0,5, 0)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	6	1,7975 s
(0,5, 0,5)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	6	2,8555 s
(0,5, 1)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	5	1,9113 s
(1, 0)	1,0000000000000000	0,9999999999999999	1,7763568394002505e-15	1000	3,8292 s
(1, 0,5)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	6	1,8043 s
(1, 1)	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	1	1,8139 s

A.10 Percobaan sistem persamaan non-linier 10

Nilai Awal (x, y)	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
(0, 0)	NaN	NaN	NaN	1000	3,3109 s
(0, 0,5)	NaN	NaN	NaN	1000	2,8907 s
(0, 1)	NaN	NaN	NaN	1000	3,0407 s
(0,5, 0)	2,2317753863658996	-0,0939657908351311	5,0205941452072344e-16	1000	2,4142 s
(0,5, 0,5)	0,1392368088236347	2,4604825163621014	9,9920072216264089e-16	1000	2,0229 s
(0,5, 1)	0,1392368088236347	2,4604825163621014	0,0000000000000000e+00	9	1,8233 s
(1, 0)	2,2317753863658996	-0,0939657908351311	5,0205941452072344e-16	1000	2,0734 s
(1, 0,5)	0,4126968377656206	-1,7515201544508499	4,4408920985006262e-16	1000	2,0195 s
(1, 1)	0,4126968377656206	-1,7515201544508499	4,4408920985006262e-16	1000	2,2548 s

Lampiran B. Hasil percobaan algoritma FSS

B.1 Percobaan sistem persamaan non-linier 1

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565200697273871	0,4933763743410037	3,6190128671620414e-10	983	75,7681 s
2	0,1565200697171596	0,4933763743563289	4,8123727225402035e-10	995	76,1066 s
3	0,1565200696832146	0,4933763742233227	1,4754863997268330e-13	995	77,5145 s
4	0,1565200696829200	0,4933763742230384	4,1266989825317069e-13	922	78,2328 s
5	0,1565200696829464	0,4933763742234625	1,8932633238932794e-12	992	81,4493 s
Rata-rata			1,69118408166468724678e-10	977,4	77,81426 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565200696947016	0,4933763742377914	1,7151391418224193e-11	999	77,4264 s
2	0,1565200679000642	0,4933763719897325	2,6571953526399739e-09	995	77,8259 s
3	0,1565199463485135	0,4933762190981547	1,8288876124650244e-07	939	76,0807 s
4	0,1565200161415954	0,4933763070253719	7,6902098912445740e-08	705	77,8971 s
5	0,1565200696837590	0,4933763742242375	1,9193535649719706e-12	995	76,0906 s
Rata-rata			5,249342525131427001272e-08	926,6	77,06414 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	952	71,3483 s
2	0,1565200696766601	0,4933763742151104	9,6171959285129560e-12	988	77,9804 s
3	0,1565200693235862	0,4933763737709924	5,3312609882283368e-10	559	77,5329 s
4	0,1565200696831358	0,4933763742232450	0,0000000000000000e+00	508	35,6524 s
5	0,1565200696869448	0,4933763742280018	5,6971094508639908e-12	995	77,6057 s
Rata-rata			1,0968808084044212536e-10	800,4	68,02394 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565199055868563	0,4933761678178569	2,4331561643275990e-07	955	77,4241 s
2	0,1565195989767040	0,4933757821540875	6,9794500312525543e-07	879	77,6017 s
3	0,1565200622458192	0,4933763649041468	1,1079100858957247e-08	994	77,4204 s
4	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	455	31,1677 s
5	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	873	66,3843 s
Rata-rata			1,904679440833945154e-07	831,2	65,99964 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565200696831358	0,4933763742232450	0,0000000000000000e+00	252	16,4017 s
2	0,1534152092715000	0,4891019144743310	6,3873463318357970e-03	991	77,8002 s
3	0,1565200696831358	0,4933763742232450	1,1102230246251565e-16	364	76,6813 s
4	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	302	20,3804 s
5	0,1565362687896914	0,4933967501384010	2,4019649860540504e-05	368	77,6184 s
Rata-rata			1,2822731963392897e-03	455,4	53,7764 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565200696831358	0,4933763742232450	1,1102230246251565e-16	428	75,9254 s
2	0,1559044616268111	0,4926022900860258	9,1244752113350813e-04	256	77,4527 s
3	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	314	20,2673 s
4	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,0000000000000000e+00	313	20,936 s
5	0,1565200721582424	0,4933763773365116	3,6699918659621744e-09	285	79,4893 s
Rata-rata			1,8249023822509702e-04	319,2	54,81486 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,000000000000000e+00	332	22,3228 s
2	0,6802357999289204	2,2599907414167451	0,000000000000000e+00	154	10,0208 s
3	0,1565200696831332	0,4933763742232418	3,7747582837255322e-15	765	78,6943 s
4	-2,9850725846552262	-2,6482162803081213	1,1099489105603766e-09	494	78,5084 s
5	0,1565200696831358	0,4933763742232450	0,000000000000000e+00	323	21,6752 s
Rata-rata			2,2199053706373206510644e-10	413,6	42,2443 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,6802357999289204	2,2599907414167451	0,000000000000000e+00	278	18,1334 s
2	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,000000000000000e+00	285	18,8668 s
3	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,000000000000000e+00	303	20,1931 s
4	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,000000000000000e+00	357	24,4132 s
5	0,1565200696831358	0,4933763742232449	0,000000000000000e+00	245	15,9823 s
Rata-rata			0	293,6	19,51776 s

B.2 Percobaan sistem persamaan non-linier 2

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0.1; step_{ind_final} = 0.001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192058033280085	-1,6035565551826079	1,6045387241092612e-11	997	74,7404 s
2	1,3192058033243670	-1,6035565551779909	2,5901947253714752e-11	893	76,689 s
3	1,3192058046658599	-1,6035565548168764	9,7746180038882358e-09	999	77,1638 s
4	1,3192058094691692	-1,6035565616411038	2,9519446442805020e-08	987	77,6184 s
5	1,3192058035135938	-1,6035565551434969	1,3307759338943015e-09	980	79,952 s
Rata-rata			8,1333575430164729328e-09	971,2	77,23272 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0.1; step_{ind_final} = 0.01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192058032936000	-1,6035565551259854	1,6800605351613629e-10	999	78,9728 s
2	1,3192058036119232	-1,6035565554066558	1,5018968291258261e-09	961	77,1898 s
3	1,3192058033378815	-1,6035565552151676	1,0139400430375645e-10	983	78,3839 s
4	1,3192058033297687	-1,6035565551876176	1,2918555114538322e-12	998	79,221 s
5	1,3192058033303697	-1,6035565551881221	1,9069190670961689e-12	940	82,4012 s
Rata-rata			3,5489913230485376822e-10	976,2	79,23374 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0.5; step_{ind_final} = 0.01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192058033213880	-1,6035565551743902	3,3179681224737578e-11	899	79,6791 s
2	1,3192058033294844	-1,6035565551867899	1,5920598173124745e-12	823	82,6711 s
3	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	442	30,7976 s
4	1,3192058033298921	-1,6035565551874145	4,4408920985006262e-16	582	79,646 s
5	1,3192058033419529	-1,6035565552058881	4,7049031337564884e-11	612	81,1568 s
Rata-rata			1,6364243293764957312524e-11	671,6	70,79012 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0.5; step_{ind_final} = 0.1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3191958674319615	-1,6035413358012631	3,8760509803559273e-05	999	79,5483 s
2	1,3192057218237130	-1,6035564303400254	3,1796194921440701e-07	936	77,9223 s
3	1,3191776824645680	-1,6035134804057301	1,0969961568196851e-04	990	78,5051 s
4	1,3192058022074229	-1,6035565534680420	4,3789589732057266e-09	997	80,8843 s
5	1,3192058033298832	-1,6035565551874003	3,6859404417555197e-14	595	80,1194 s
Rata-rata			2,9756493286114960e-05	903,4	79,39588 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0.1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192058031351934	-1,6035565548891844	7,5953598965838864e-10	282	79,6314 s
2	1,3192056396229181	-1,6035563044286456	6,3863361132732166e-07	465	78,7009 s
3	1,3192058033298930	-1,6035565551874156	2,2204460492503131e-15	981	79,9392 s
4	1,3185983005226061	-1,6026261265485697	2,3696463065290274e-03	549	79,2219 s
5	1,3193431141887066	-1,6037668686130213	5,3570983935014027e-04	468	79,3014 s
Rata-rata			5,8119910780574102e-04	549	79,35896 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0.5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192003481773382	-1,6035481992172447	2,1280897737341320e-05	534	80,3274 s
2	1,3192061941372928	-1,6035571538088129	1,5245744249270388e-06	497	78,8566 s
3	1,3192057636386398	-1,6035564943901941	1,5483866988574846e-07	340	79,6329 s
4	1,3125249649462658	-1,5932921867158445	2,5945485998563278e-02	397	79,7922 s
5	1,3192058033302549	-1,6035565551879700	1,4144241333724494e-12	332	79,206 s
Rata-rata			5,1936892621619712e-03	420	79,56302 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0.5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	203	14,2573 s
2	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	173	11,8118 s
3	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	138	9,1735 s
4	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	190	13,0084 s
5	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	176	11,5284 s
Rata-rata			0	176	11,95588 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	177	12,3307 s
2	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	187	12,1981 s
3	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	162	10,8456 s
4	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	159	10,7689 s
5	1,3192058033298923	-1,6035565551874149	0,0000000000000000e+00	155	9,8642 s
Rata-rata			0	168	11,2015 s

B.3 Percobaan sistem persamaan non-linier 3

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843395716380363	-0,3375487869702542	2,8139699542739649e-07	961	84,383 s
2	0,2843406779725475	-0,3375436512186096	4,1757869366776390e-06	996	78,9738 s
3	0,2843399197504398	-0,3375481582669760	8,7715784635733485e-10	998	85,4243 s
4	0,2843399204767847	-0,3375481572633090	2,4600682602127222e-10	947	78,5954 s
5	0,2844311212994817	-0,3373835605683794	7,3636867754744983e-05	993	79,2906 s
Rata-rata			1,5619034970304479419414e-05	979	81,33342 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843184711222351	-0,3375867133328639	1,7562850589347700e-05	998	78,6872 s
2	0,2843399202159320	-0,3375481577604262	8,3675844031461111e-12	980	78,3623 s
3	1,0000002080505166	1,0000010404104984	5,2630893465632766e-07	999	79,0244 s
4	0,2843399589034223	-0,3375480842950763	3,4982157226526311e-08	997	80,1962 s
5	0,2842757938328166	-0,3376840474505329	7,2514509297461061e-05	1000	81,0739 s
Rata-rata			1,812773186925520362342222e-05	994,8	79,4688 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843399201030225	-0,3375481579648177	8,3382523108355144e-11	997	78,8309 s
2	0,2843399535506848	-0,3375480975876480	2,6920390749918255e-08	622	79,8407 s
3	1,0000000000015432	1,0000000000076825	3,9142022956184519e-12	994	79,5638 s
4	0,2843399202059508	-0,3375481577787436	5,5511151231257827e-17	450	80,7203 s
5	0,2843399202059508	-0,3375481577787436	5,5511151231257827e-17	446	81,0016 s
Rata-rata			5,4015375172689062116831308e-09	701,8	79,99146 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843399202059524	-0,3375481577787402	1,8318679906315083e-15	496	79,9615 s
2	0,2843399202061188	-0,3375481577784348	1,4144241333724494e-13	997	81,4324 s
3	0,2843399202059508	-0,3375481577787437	0,000000000000000e+00	406	28,7212 s
4	0,2843399202059508	-0,3375481577787436	0,000000000000000e+00	404	27,8967 s
5	0,2843399202071428	-0,3375481577763849	1,1756706719268095e-12	998	79,1557 s
Rata-rata			2,6378899065093718966e-13	660,2	59,4335 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843399202059507	-0,3375481577787438	0,000000000000000e+00	324	22,063 s
2	1,0000007128496102	1,00000039661829421	2,4584231907986975e-06	841	80,7918 s
3	0,9999997656344365	0,99999988035478330	6,3278014861278820e-07	1000	98,6299 s
4	0,2843399202059507	-0,3375481577787439	0,000000000000000e+00	287	21,2068 s
5	0,2843399202059507	-0,3375481577787439	0,000000000000000e+00	440	33,7032 s
Rata-rata			6,1824066788229714e-07	578,4	51,27894 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843399202059507	-0,3375481577787439	0,000000000000000e+00	284	21,074 s
2	0,2843399203733191	-0,3375481574766342	1,3511242125119338e-10	286	84,4298 s
3	0,2843405329244390	-0,3375470517868989	4,9463269008453992e-07	216	86,8802 s
4	0,2908449325493040	-0,3258655533136596	5,2036589148587442e-03	220	84,9187 s
5	0,2843399200969201	-0,3375481579755505	8,8017870769618867e-11	391	88,2538 s
Rata-rata			1,0408307541358241521464494e-03	279,4	73,1113 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-1,7478899346944932	0,4459523923279434	1,0053711307871915e-03	945	86,3377 s
2	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,000000000000000e+00	198	14,4321 s
3	0,2843399202059507	-0,3375481577787438	0,000000000000000e+00	313	22,4638 s
4	0,2843399202059507	-0,3375481577787438	0,000000000000000e+00	405	30,2692 s
5	0,2843399202059507	-0,3375481577787439	0,000000000000000e+00	328	23,6358 s
Rata-rata			2,010742261574383e-04	437,8	35,42772 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2843399202059508	-0,3375481577787437	0,000000000000000e+00	397	29,6571 s
2	0,2843399202059508	-0,3375481577787436	0,000000000000000e+00	332	23,9762 s
3	0,2843399202059507	-0,3375481577787439	0,000000000000000e+00	363	27,2365 s
4	1,0000000001308453	1,0000000006542269	3,3084024408935875e-10	606	85,2369 s
5	0,2843399202059508	-0,3375481577787436	0,000000000000000e+00	284	20,3885 s
Rata-rata			6,616804881787175e-11	396,4	37,29904 s

B.4 Percobaan sistem persamaan non-linier 4

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-2,0902836291839870	2,1402690868794010	-0,2235542556545808	1,5306824848296957e-04	995	101,6428 s
2	-2,0892268425971952	2,1411742493874830	-0,2235513286218100	2,5352741927179637e-03	1000	101,3223 s
3	2,1402006286279569	-2,0903455735770295	-0,2234794450890414	3,4843838915112058e-04	998	102,418 s
4	-2,0908514160243792	2,1397122157583208	-0,2235265186028472	1,1286702450588812e-03	995	102,5935 s
5	2,4914271946079656	0,2424909185071940	1,6534805540830888	1,1413389737590096e-03	1000	103,4194 s
Rata-rata				1,06135800983398893e-03	997,6	102,2792 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2423371461847997	2,4882027905539563	1,6583482247592742	1,9622258670484838e-02	981	118,5026 s
2	2,1429433546361447	-2,0875329942045227	-0,2235451908952663	5,4868105059197592e-03	998	108,4618 s
3	0,2435511181940138	2,4992018304061639	1,6521892174798363	8,9834625137974466e-03	997	103,8399 s
4	-0,2552534077571524	2,5726011753420628	-1,5221681443385886	1,2240026104476387e-03	997	103,6644 s
5	-2,0934066581993123	2,1373618550475837	-0,2234581232494418	6,7452320045139902e-03	994	104,2887 s
Rata-rata				8,41235326103273454e-03	993,4	107,75148 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	Z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-2,0903028742565346	2,1402501058128562	-0,2235249332157900	1,6829207368590504e-05	972	103,8278 s
2	0,2427458787571351	2,4913756968306959	1,6535179393002783	5,6288307348495437e-14	974	104,1379 s
3	-2,0902000662379350	2,1402826326529474	-0,2235405135984488	4,3084610863356604e-04	995	107,9554 s
4	2,4913756968250054	0,2427458787799042	1,6535179393055615	9,5329744098648916e-11	990	104,3771 s
5	0,2427458815754908	2,4913759102994266	1,6535177784146573	1,2813226836216884e-06	999	103,6137 s
Rata-rata				8,9791346814362128e-05	986	104,78238 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	2,4913756968309246	0,2427458787559294	1,6535179392999761	5,4707349761429214e-12	1000	100,6312 s
2	2,4913698136353717	0,2427451345631896	1,6535269127966170	3,6303420960503985e-05	993	98,4139 s
3	2,5724545449157397	-0,2552119430145258	-1,5222762387101063	6,9537124911367432e-04	949	98,3328 s
4	-0,2553723443054755	2,5724838990740779	-1,5222061472640889	9,3258734068513149e-14	1000	99,2392 s
5	2,5724838996152184	-0,2553723502441390	-1,5222061453542295	2,2630382900956647e-08	999	98,4354 s
Rata-rata				1,4633946120421459e-04	988,2	99,0105 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	2,1401905736806510	-2,0903638397891573	-0,2235247763233755	1,3659173892397597e-04	962	99,0182 s
2	-2,0892953239640497	2,1412132347029660	-0,2236479109379724	2,4493552843839750e-03	997	100,9898 s
3	2,1402634207435511	-2,0902891189197756	-0,2235260368568491	1,4343053460715016e-05	998	100,4394 s
4	2,5726010213332646	-0,2552967153124305	-1,5220647964322045	1,1002062293753445e-03	826	100,8346 s
5	2,1449893700977118	-2,0854227450956966	-0,2235674225769361	9,6983620089812067e-03	857	100,1828 s
Rata-rata				2,6797716630250434372e-03	928	100,29296 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2427467354378693	2,4913692162352761	1,6535164125495228	3,7503725578424962e-05	411	100,4601 s
2	2,1448284719907291	-2,0843425000903664	-0,2353339359959310	5,7332611596103714e-02	774	100,9627 s
3	2,4913756968306897	0,2427458787571328	1,6535179393002732	1,5543122344752192e-14	311	100,7337 s
4	2,0812732099511302	-2,1490262538571296	-0,2235799315066330	1,1774939720236705e-01	445	100,3541 s
5	2,1403433167817418	-2,0900750586801324	-0,2247592832142281	5,7042272689321744e-03	591	101,657 s
Rata-rata				3,61647479585993813e-02	506,4	100,83352 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 2$; $step_{ind_final} = 0,5$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	2,1402581220051751	-2,0902946422552349	-0,2235251210713020	0,0000000000000000e+00	714	66,9773 s
2	-2,0902946422552349	2,1402581220051751	-0,2235251210713020	0,0000000000000000e+00	390	34,6121 s
3	-2,0902946422551492	2,1402581220052586	-0,2235251210713024	1,6898982213575664e-13	639	101,595 s
4	-2,0902946422552349	2,1402581220051751	-0,2235251210713020	0,0000000000000000e+00	357	30,8496 s
5	2,4913756968306888	0,2427458787571365	1,6535179393002744	4,4408920985006262e-16	265	99,7174 s
Rata-rata				3,3886782269121340524e-14	473	66,75028 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 2$; $step_{ind_final} = 1$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-2,0902946422552349	2,1402581220051751	-0,2235251210713020	0,0000000000000000e+00	354	30,3493 s
2	2,4913756968306888	0,2427458787571365	1,6535179393002741	4,4408920985006262e-16	324	101,1718 s
3	2,5724838990740713	-0,2553723443054876	-1,5222061472640898	0,0000000000000000e+00	350	30,2283 s
4	0,2427468787571365	2,4913756968306888	1,6535179393002741	4,4408920985006262e-16	253	100,9955 s
5	2,1402581220051751	-2,0902946422552349	-0,2235251210713020	0,0000000000000000e+00	466	42,0739 s
Rata-rata				1,77635683940025048e-16	349,4	60,96376 s

B.5 Percobaan sistem persamaan non-linier 5

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2678229705010103	-0,0133773146824916	-0,4096486709885196	1,2606693034949989e-04	1000	115,762 s
2	0,2645318781515466	-0,0135839810534252	-0,4053615308811108	2,1877563882248818e-03	1000	112,4499 s
3	0,2487682290540578	-0,0146446107852839	-0,3860718379382647	1,2707830515041985e-02	1000	102,5763 s
4	0,2673956653717807	-0,0133952249207551	-0,4091483943358980	1,3282855171548036e-04	993	103,3204 s
5	0,2675780942298038	-0,0133898205343364	-0,4093551953344330	4,5721709751589401e-10	990	103,359 s
Rata-rata				3,0308965685097889e-03	996,6	107,49352 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2675779386764861	-0,0133898292250646	-0,4093550177040621	7,9251064877272626e-08	998	106,9233 s
2	0,2678257419209972	-0,0133796003437764	-0,4097255542449893	2,5483950331101068e-04	994	104,2995 s
3	0,2672873754819754	-0,0134056213116972	-0,4090583694730146	1,4586119136456022e-04	985	103,0201 s
4	0,2675969956128328	-0,0133845722364677	-0,4093694323439645	5,0196997748330752e-05	999	103,2018 s
5	0,2672917433880906	-0,0134052587104237	-0,4090111918149963	1,3974900471452889e-04	998	102,5704 s
Rata-rata				1,1814518964066156e-04	994,8	104,00302 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2675763467897007	-0,0133899198798878	-0,4093530649223092	8,9219970433873641e-07	967	102,8229 s
2	0,2675781046838664	-0,0133898199658920	-0,4093552078921551	4,6640798445629628e-09	999	102,3996 s
3	0,2621232532867582	-0,0136323571805157	-0,4027346762930025	3,1971068752426612e-03	1000	100,244 s
4	0,2675780950884021	-0,0133698204854638	-0,4093551963608328	1,7015944209219924e-11	1000	101,6087 s
5	0,2675781028561434	-0,0133898200531055	-0,4093552054152643	3,8887009168320219e-09	990	104,3477 s
Rata-rata				6,3960152894874111e-04	991,2	102,28458 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2675780972165228	-0,0133898203755648	-0,4093551985132731	1,1319391535202783e-09	999	102,8391 s
2	0,2675780950679451	-0,0133898204853070	-0,4093551963428072	1,5337453529440381e-11	994	102,9422 s
3	0,2675780951001793	-0,0133898204835460	-0,4093551963733797	1,0722533971829762e-12	986	103,9789 s
4	0,2675780950983559	-0,0133898204836445	-0,4093551963711783	1,8568480086855743e-13	991	103,3598 s
5	0,5557701011283304	0,0116721121274504	-0,6750843221775207	4,7077666308348309e-05	998	101,415 s
Rata-rata				9,4157629685787114e-06	993,6	102,907 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2622338144519164	-0,0141941292931172	-0,4027741785124742	7,6199733171072315e-03	978	101,7317 s
2	0,2675780950979731	-0,0133898204836649	-0,4093551963707519	6,0507154842071031e-15	991	102,0941 s
3	0,2675780997442122	-0,0133898202323118	-0,4093552020458415	2,2478783834323224e-09	887	101,874 s
4	0,2649995218992032	-0,0140240010102195	-0,4062538353376904	6,0073186620991925e-03	998	102,0318 s
5	0,2675717508301601	-0,0133901636907709	-0,4093474471683689	3,0694893759508624e-06	1000	102,5478 s
Rata-rata				2,7260727432933618e-03	970,8	102,05588 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2675780950979853	-0,0133898204836643	-0,4093551963707666	5,5511151231257827e-17	646	107,2357 s
2	0,2695731781711761	-0,0132814374684590	-0,4117848574374027	9,5510585800451242e-04	1000	110,6895 s
3	0,2692019640477798	-0,0132988793202288	-0,4113215700225452	8,0659096810625774e-04	999	112,8897 s
4	0,2675780951720702	-0,0133898204796550	-0,4093551964612565	3,5856762004016218e-11	800	106,5859 s
5	0,2675780951018852	-0,0133898204834524	-0,4093551963755291	1,8954837699425298e-12	952	107,8587 s
Rata-rata				3,5233937277261429e-04	879,4	109,0519 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2675780940216866	-0,0133898205418903	-0,4093551950561351	5,2072235412481405e-10	632	106,6589 s
2	0,5558640086378184	-0,0116842517280174	-0,6751614008332399	2,1793228333066850e-10	991	107,4016 s
3	0,2675782539842203	-0,0133898118882573	-0,4093553904403872	7,6869739296103745e-08	932	107,8734 s
4	0,5557736073901018	0,0116733978265849	-0,6750944836888984	3,1055376961297565e-05	1000	107,8941 s
5	0,2675780950948052	-0,0133898204838374	-0,4093551963670103	1,5580869927589447e-12	997	107,4635 s
Rata-rata				6,2265973826636234e-06	910,4	107,4583 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	$F(x, y, z)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,2675781014983912	-0,0133898201374161	-0,4093552041884642	3,0965414676842329e-09	832	104,3907 s
2	0,2675778974864991	-0,0133898311740235	-0,4093549550005404	9,5605400596276979e-08	951	104,6478 s
3	0,5558784215654132	0,0116858897025169	-0,6751725628015091	6,2725221822157451e-06	999	104,5871 s
4	0,2675780950979773	-0,0133898204836647	-0,4093551963707573	3,6082248300317588e-15	721	105,2698 s
5	0,2675781083095276	-0,0133898197689483	-0,4093552125078446	6,3917958148529408e-09	825	105,0579 s
Rata-rata				1,2755231847405568e-06	865,6	104,79066 s

B.6 Percobaan sistem persamaan non-linier 6

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,4880338723605704	0,7559830616798446	4,4113610542240167e-09	973	79,2861 s
2	1,4880132845570213	0,7560526210536005	1,3589082585330203e-04	999	78,9645 s
3	1,4880452086384226	0,7559642115365342	6,5343316096644344e-05	988	78,7249 s
4	1,4880352757939752	0,7559775266367980	9,6861380347590398e-06	1000	79,9188 s
5	-0,8213675068084929	1,9106833431471131	8,2077569496519232e-07	971	79,6829 s
Rata-rata			4,2349093408144966e-05	986,2	79,31544 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 0,1$; $step_{ind_final} = 0,01$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,4880342218899931	0,7559816910242307	2,4042569162219252e-06	994	78,9046 s
2	-0,8214717207620675	1,9105937359687319	2,8424887806322019e-04	851	79,3939 s
3	1,4880344600639039	0,7559816480315413	3,6047088469715050e-06	995	79,2601 s
4	1,4880365507475986	0,7559725158050619	1,8420268022900643e-05	1000	80,5253 s
5	1,4880222411878821	0,7559887616957719	6,0847070652680912e-05	998	79,2351 s
Rata-rata			7,390503650039903504e-05	967,6	79,4638 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 0,5$; $step_{ind_final} = 0,01$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,4880338717125849	0,7559830641437070	8,8817841970012523e-16	548	79,1989 s
2	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	499	78,7332 s
3	1,4880338717125845	0,7559830641437084	1,3322676295501878e-15	662	78,5344 s
4	1,4880338717125852	0,7559830641437072	1,3322676295501878e-15	591	78,7428 s
5	1,4880338717125849	0,7559830641437070	8,8817841970012523e-16	558	78,9514 s
Rata-rata			9,76996261670137736e-16	571,6	78,83214 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 0,5$; $step_{ind_final} = 0,1$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-0,8213672050459187	1,9106836025229588	8,8817841970012523e-16	709	78,8577 s
2	1,4880342321063020	0,7559817354328037	2,4331764683083179e-06	775	79,0009 s
3	1,4880338717125847	0,7559830641437082	8,8817841970012523e-16	516	79,2246 s
4	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	495	79,1333 s
5	1,4881910677183827	0,7553648771257943	1,0805836988545536e-03	954	79,9051 s
Rata-rata			2,16603375065016472789850 062616e-04	689,8	79,22432 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,4880338687538346	0,7559830675293664	1,6304448458015486e-08	143	79,0345 s
2	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	148	79,3368 s
3	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	209	80,2562 s
4	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	193	79,3784 s
5	-0,8216067979190433	1,9104779151204638	6,5229261471699829e-04	999	79,6734 s
Rata-rata			1,30461783833357714623110 037572e-04	338,4	79,53586 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	175	79,1403 s
2	-0,8213677979700609	1,9106830927486713	1,6124727189037458e-06	257	76,5678 s
3	1,4880338717125834	0,7559830641437126	9,7699626167013776e-15	218	81,0532 s
4	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	202	76,7513 s
5	-0,8213938396974064	1,9106607025357230	7,2434625960404730e-05	170	76,0092 s
Rata-rata			1,48094197379933233672803 00568e-05	204,4	76,0092 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-0,8213672050459182	1,9106836025229590	0,0000000000000000e+00	215	14,7828 s
2	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	177	74,9976 s
3	-0,8213672050459182	1,9106836025229590	0,0000000000000000e+00	163	10,3624 s
4	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	162	75,5951 s
5	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	157	74,4935 s
Rata-rata			2,66453525910030288e-16	174,8	50,04628 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	174	75,5674 s
2	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	148	81,1895 s
3	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	212	85,9525 s
4	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	196	85,8883 s
5	1,4880338717125847	0,7559830641437079	4,4408920985006262e-16	162	86,8711 s
Rata-rata			4,4408920985006262e-16	178,4	83,09376 s

B.7 Percobaan sistem persamaan non-linier 7

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	3,1622776601698468	-2,4494897427849249	1,8562040793312917e-11	888	86,6456 s
2	3,1622776601683693	-2,4494897427832507	7,1143091417980031e-13	889	85,5226 s
3	3,1622777493816767	2,4494896300042268	1,1284688863355541e-06	968	86,5362 s
4	-3,1622776729692497	2,4494897593023719	1,6191962615152988e-07	997	84,3482 s
5	-3,1622776430593862	-2,4494897381323035	2,1641354663870516e-07	988	84,1346 s
Rata-rata			3,01364266519499326543462 e-07	946	85,43744 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-3,1622776622248669	2,4494897387861556	3,9162661558123091e-08	897	83,7591 s
2	-3,1622776505256613	2,4494897418706865	1,2197180598860768e-07	1000	86,1554 s
3	-3,1622776716246674	2,4494897468178265	1,4491185496012804e-07	989	82,3635 s
4	3,1622776921111462	2,4494896875589438	5,4108477609560168e-07	999	79,0524 s
5	3,1622776726208537	2,4494897487811267	1,5751272819386486e-07	984	79,9663 s
Rata-rata			2,009287653592650702e-07	973,8	82,25934 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	3,1622776603251332	-2,4494897429919491	2,0455308558098295e-09	897	79,2308 s
2	3,1622776680721119	-2,4494897524557868	9,9975190792633839e-08	324	80,8604 s
3	-3,1622776054320814	2,4494899722877812	2,2486767878859837e-06	992	80,7376 s
4	3,1622776601309717	2,4494897428340598	4,9853987604819849e-10	519	81,6691 s
5	-3,1622776601683791	-2,4494897427831788	5,3290705182007514e-15	630	81,209 s
Rata-rata			4,70239210947909217038150 28e-07	672,4	80,74138 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-3,1622776708197073	-2,4494897574817784	1,4401628511961917e-07	385	80,0034 s
2	-3,1622776601683791	-2,4494897427831779	4,4408920985006262e-15	488	78,8813 s
3	-3,1622776490769549	-2,4494897282576260	1,4232076406273109e-07	310	79,4679 s
4	-3,1622777066580197	2,4494896835014801	5,8805260660932390e-07	217	77,9907 s
5	-3,1622776597446882	-2,4494897434024261	6,0673688295764805e-09	704	79,2116 s
Rata-rata			1,76091405812428547800125 24e-07	420,8	79,11098 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-3,1622776577756508	2,4494897446086648	3,0265886685754140e-08	123	78,6081 s
2	-3,1622645437352048	2,4494724953574880	1,6898897432060522e-04	975	78,8594 s
3	3,1622764642023609	-2,4494889758606644	1,5127903629341688e-05	983	78,695 s
4	-3,1622776601683791	-2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	145	78,6179 s
5	-3,1622737082449364	2,4494827465164684	6,8549036278398034e-05	999	78,2124 s
Rata-rata			5,05392360235390462798200 7514e-05	645	78,59856 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	3,1622776734128322	-2,4494897255042325	1,6929839929957780e-07	70	79,0393 s
2	3,1623060136184806	-2,4495083475551058	3,5864753521153148e-04	516	78,4914 s
3	3,1648925602729880	2,4470647360121558	3,3089836142616846e-02	385	78,4703 s
4	-3,1622757662836483	-2,4494871773076969	2,5136410340742543e-05	71	78,5509 s
5	-3,1622777445564312	2,4494898979475521	1,5202942176273382e-06	106	78,1528 s
Rata-rata			6,6950619361572093878e-03	229,6	78,54094 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	3,1622776601683791	2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	142	77,6495 s
2	3,1622776601683791	-2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	153	76,9618 s
3	-3,1622776601683791	2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	116	77,1808 s
4	-3,1622776601683791	-2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	146	77,9646 s
5	3,1622776601683795	-2,4494897427831779	2,6645352591003757e-15	132	79,1189 s
Rata-rata			2,6645352591003757e-15	137,8	77,77512 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	3,1622776601683795	-2,4494897427831779	2,6645352591003757e-15	137	79,1986 s
2	-3,1622776601683791	-2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	147	78,905 s
3	-3,1622776601683795	2,4494897427831779	2,6645352591003757e-15	141	78,7168 s
4	-3,1622776601683791	2,4494897427831783	2,6645352591003757e-15	118	78,2461 s
5	3,1622776601683795	-2,4494897427831779	2,6645352591003757e-15	132	78,8355 s
Rata-rata			2,6645352591003757e-15	135	78,7804 s

B.8 Percobaan sistem persamaan non-linier 8

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,7014986850933659	-0,6313061744875499	0,3424225332202762	2,1594782795523862e-02	1000	103,1463 s
2	0,7000954122994546	0,6293023153698578	0,3371856242748080	2,7706231672285350e-02	999	110,7951 s
3	-0,6994720314527456	0,6298736221775888	0,3440791657345129	6,2352914599921178e-03	1000	104,9658 s
4	0,6991035643417755	0,6285806303171594	0,3422119162187903	7,6178707615264796e-03	1000	102,0667 s
5	-0,6990443676035263	-0,6381388375677745	0,3420616053028890	7,5080634862546458e-02	1000	100,7296 s
Rata-rata				2,764696231037485348e-02	999,8	104,3407 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,7030026618178807	-0,6331238309147161	0,3473166288780766	1,5808196120449924e-02	998	101,2035 s
2	-0,6933312371907497	0,6237032380839856	0,3376134034043909	1,6419238438870373e-02	1000	100,863 s
3	0,6954867046197070	0,6245836772007465	0,3307178155509066	5,1516683705066735e-02	998	100,6232 s
4	-0,6979475715323298	-0,6281874006015626	0,3421962259296101	1,2607056148734724e-03	996	99,9279 s
5	0,7127414119751240	0,6425768166451704	0,3571543797158346	4,8812272875707274e-02	995	100,3307 s
Rata-rata				2,676341935099355568e-02	997,4	100,58966 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,6981200459892185	-0,6283525906400505	0,3423357627706336	8,3543070916872186e-04	994	101,0335 s
2	0,6963212997247440	0,6266153128393400	0,3405883602164078	6,5129677968205207e-03	1000	102,1093 s
3	0,6980943887686915	-0,6283358843090739	0,3423690722514702	6,4293050665222007e-04	994	101,8361 s
4	0,6982886100288007	-0,6285242978428275	0,3425641897567178	1,1539553756989562e-09	999	102,5565 s
5	-0,6982885552889001	0,6285242449007448	0,3425641346823276	1,8134832126259770e-07	995	101,7159 s
Rata-rata				1,5983023029836201e-03	996,4	101,85026 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,6982885813736055	-0,6285242678283775	0,3425641609231445	1,1219739025347675e-07	996	100,4313 s
2	-0,6982888172261039	0,6285244975254239	0,3425644057357463	7,3566487084064658e-07	999	100,5894 s
3	0,6982663519066081	-0,6285027013487219	0,3425418589299288	7,3574689574598673e-05	998	100,7545 s
4	0,6983028744799308	0,6285382667493216	0,3425786519371517	4,8400793835848277e-05	994	100,9148 s
5	-0,6982888771807552	0,6285245604390575	0,3425644395661954	9,8018588079451519e-07	988	99,92 s
Rata-rata				2,4760706310467117704e-05	795,2	100,522 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-0,6960177336936219	-0,6263225118384131	0,3402903150168977	7,4819270541170851e-03	831	101,4842 s
2	0,6944727962992165	0,6248254900069148	0,3387479556404217	1,2550464787401697e-02	830	100,5944 s
3	-0,6911291205448190	-0,6215880346249578	0,3354226518297566	2,3460498585522890e-02	631	100,1224 s
4	-0,6959268932577872	-0,6262344683785258	0,3401995227260514	7,7804345921970303e-03	412	99,4906 s
5	0,6995602406982822	0,6268120643645350	0,3239334519532992	9,0230857518437596e-02	997	100,3301 s
Rata-rata				2,830083650753525968e-02	740,2	100,40434 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,6891261840250977	0,6198543965407674	0,3332001155912626	3,2243000200577548e-02	954	101,2524 s
2	-0,6909785405154394	0,6214423189664314	0,3352733106768128	2,3949907892995934e-02	324	100,9478 s
3	-0,6979675946420594	-0,6282129523526561	0,3422422599611212	1,0599588226418155e-03	382	101,0148 s
4	0,6982322471392721	-0,6284696305921493	0,3425076546167369	1,8615900715202027e-04	544	99,3312 s
5	0,6965428501455363	-0,6268315099743823	0,3408154065186246	5,7551746939137477e-03	514	102,5888 s
Rata-rata				1,2638840123456213094e-02	543,6	101,027 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-0,7023824990485226	0,6320153599731438	0,3421321672371372	2,8131822503346546e-02	997	100,4504 s
2	0,6982885808847057	-0,6285242697481187	0,3425641605125895	9,6075922953464676e-08	735	101,4191 s
3	0,6982885953070809	0,6285242837367769	0,3425641749796751	4,8437730090777897e-08	853	101,9285 s
4	-0,6982886099774460	-0,6285242979659675	0,3425641896955199	1,9594270650458157e-11	436	102,1816 s
5	-0,6982872823923285	-0,6285230103049256	0,3425628579961232	4,3850878988088704e-06	796	101,9657 s
Rata-rata				5,6272704248985340e-03	763,4	101,58906 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	z	F(x, y, z)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	-0,6982886101978121	-0,6285242981797067	0,3425641899165692	7,4748039702310365e-10	789	100,4495 s
2	0,6982886099715117	0,6285242979602116	0,3425641896895672	7,5078832040276211e-15	712	100,9388 s
3	-0,6982886105030113	-0,6285242984757278	0,3425641902227145	1,7555760734033754e-09	911	100,365 s
4	0,6982886099823062	-0,6285242979706265	0,3425641897005082	3,6531375147141887e-11	964	100,2592 s
5	-0,6982886099720665	-0,6285242979607499	0,3425641896901238	1,8258172751473012e-12	950	101,0633 s
Rata-rata				5,0828423414639445e-10	865,2	100,61516 s

B.9 Percobaan sistem persamaan non-linier 9

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,0000000000000007	1,0000000000000009	8,8817841970012523e-15	874	77,9339 s
2	1,0000000000000031	1,0000000000000011	2,4868995751603507e-14	974	78,183 s
3	1,0000000000000016	1,0000000000000009	1,4210854715202004e-14	981	78,3487 s
4	0,9999994975206356	1,0000002153468170	7,1782622823590714e-06	1000	78,5963 s
5	0,9999999999999991	0,9999999999999997	7,1054273576010019e-15	988	78,0391 s
Rata-rata			1,4356524674852267e-06	963,4	78,2202 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,999999999999957	0,999999999999985	3,4638958368304884e-14	980	78,6403 s
2	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	939	72,0668 s
3	0,999999999999983	0,999999999999978	2,1316282072803006e-14	956	77,944 s
4	1,000000000000002	1,000000000000004	1,7763568394002505e-15	936	78,4232 s
5	1,000000000000000	0,999999999999999	1,7763568394002505e-15	984	79,8263 s
Rata-rata			1,19015908239816782e-14	959	77,38012 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	229	15,2124 s
2	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	202	12,9802 s
3	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	222	14,236 s
4	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	222	16,4482 s
5	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	193	12,4701 s
Rata-rata			0,000000000000000e+00	213,6	14,26938 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,5; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	202	13,7496 s
2	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	196	13,9623 s
3	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	209	14,0716 s
4	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	188	15,5369 s
5	1,000000000000000	1,000000000000000	0,000000000000000e+00	192	14,2768 s
Rata-rata			0,000000000000000e+00	197,4	14,31944 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	137	9,4142 s
2	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	141	8,9997 s
3	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	138	8,7982 s
4	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	117	7,4188 s
5	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	129	8,3183 s
Rata-rata			0,0000000000000000e+00	132,4	8,58984 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	131	8,4253 s
2	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	114	7,3381 s
3	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	111	7,124 s
4	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	126	7,9949 s
5	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	111	6,9917 s
Rata-rata			0,0000000000000000e+00	118,6	7,5748 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	111	7,1743 s
2	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	138	9,0028 s
3	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	127	8,7115 s
4	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	118	8,3057 s
5	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	125	8,2528 s
Rata-rata			0,0000000000000000e+00	123,8	8,28942 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	125	8,16 s
2	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	130	9,1094 s
3	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	130	8,2383 s
4	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	132	9,0014 s
5	1,0000000000000000	1,0000000000000000	0,0000000000000000e+00	128	8,2082 s
Rata-rata			0,0000000000000000e+00	129	8,54346 s

B.10 Percobaan sistem persamaan non-linier 10

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,001; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126936460093588	-1,7515254748424300	8,6676175542477196e-06	987	79,7591 s
2	0,4127361185197389	-1,7514416672988389	1,2383984567976292e-04	997	80,1293 s
3	0,1393078886693824	2,4602211464202943	6,2817482535781899e-04	999	79,5673 s
4	0,4127558744106075	-1,7514756417264628	3,2684573260155503e-04	1000	79,7888 s
5	0,4126968373523300	-1,7515201573169177	9,2920534600082760e-09	995	79,6579 s
Rata-rata			2,175074626493689335752e-04	995,6	79,78048 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 0,1; step_{ind_final} = 0,01; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126950804664361	-1,7515232433619954	4,2788085972134127e-06	999	80,3827 s
2	0,4126968586276947	-1,7515201170101702	4,9149306180495955e-08	992	79,994 s
3	0,1392646005727742	2,4603659122313806	1,7846193456771964e-04	999	79,9634 s
4	0,4125242401254938	-1,7518313287184966	4,1201563648551875e-04	996	79,5493 s
5	0,4126968368691499	-1,7515201556190629	3,4423117689641458e-09	995	79,6297 s
Rata-rata			1,1896179425368025256016e-04	996,2	79,90382 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 0,5$; $step_{ind_final} = 0,01$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126968377533894	-1,7515201544726344	2,8900881687832225e-11	967	81,6326 s
2	0,4126967205019446	-1,7515203642462174	2,7416793058065991e-07	858	81,2117 s
3	0,4075823195663785	-1,7603637391922846	1,3067124508894246e-02	1000	81,4696 s
4	2,2255192529869188	-0,0996281536098325	1,8437729767060318e-01	888	80,8805 s
5	0,4126968377872390	-1,7515201544119137	5,1472603956881358e-11	989	81,5738 s
Rata-rata			3,9488939285560298e-02	940,4	81,35364 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 0,5$; $step_{ind_final} = 0,1$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126968373211938	-1,7515201552462236	1,0383054416251980e-09	948	80,7081 s
2	0,4127692062650127	-1,7514056359395085	2,1538271403387377e-04	994	82,3493 s
3	0,1392368088300847	2,4604825163325996	5,3075099870625309e-11	999	81,8216 s
4	0,4126968377655945	-1,7515201544508991	7,0499162063697440e-14	1000	80,7288 s
5	0,1392368088524489	2,4604825162415245	1,8346768548838099e-10	990	81,4315 s
Rata-rata			4,3076797790519983e-05	986,2	81,40786 s

Parameter ($N_{pop} = 25$; $step_{ind_initial} = 1$; $step_{ind_final} = 0,1$; $num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	$F(x, y)$	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126968377656206	-1,7515201544508499	0,0000000000000000e+00	435	30,7904 s
2	0,4126968377656206	-1,7515201544508499	0,0000000000000000e+00	352	24,8425 s
3	0,1392496027735695	2,4604315070262954	9,3059744807888478e-05	999	80,8715 s
4	0,4126968377436696	-1,7515201544901613	5,1387116783985221e-11	968	79,5332 s
5	0,4128175396845566	-1,7512611248551153	4,5048814276893445e-04	994	79,8041 s
Rata-rata			1,0870958779278794e-04	749,6	59,16834 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 1; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126968340914816	-1,7515201610263174	8,5838190999609765e-09	308	79,8593 s
2	2,2273102279441552	-0,0964075117380113	1,8436822554875387e-01	832	80,0644 s
3	2,2272883239037284	-0,0964469044689642	1,8436822364585795e-01	775	79,2006 s
4	0,4191692593956888	-1,7400206930045425	1,5138687626861991e-02	965	79,9565 s
5	0,4127183647095027	-1,7514980115889185	1,0091832303871229e-04	864	79,8374 s
Rata-rata			7,67952127456663246501953 e-02	748,8	79,78364 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 0,5; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126968377656206	-1,7515201544508499	0,0000000000000000e+00	348	23,8554 s
2	0,4126968377656207	-1,7515201544508499	0,0000000000000000e+00	287	20,1767 s
3	0,4126969329852898	-1,7515199840398303	2,2245983744006992e-07	746	79,5104 s
4	0,4004322051452768	-1,7737051229462262	2,8814278781529867e-02	526	79,7134 s
5	0,4125408509312122	-1,7517993571131585	3,6445016225050697e-04	1000	79,7999 s
Rata-rata			5,835790280723562807984e-03	581,4	56,61116 s

Parameter ($N_{pop} = 25; step_{ind_initial} = 2; step_{ind_final} = 1; num\ iterations = 1000$)

Running Ke	x	y	F(x, y)	Iterasi Konvergen	Waktu Komputasi
1	0,4126968377656207	-1,7515201544508499	0,0000000000000000e+00	310	21,5257 s
2	0,4126938967524883	-1,7515254198617998	6,8787816090987164e-06	941	80,3828 s
3	0,4126968377656206	-1,7515201544508499	0,0000000000000000e+00	314	21,4221 s
4	0,1376540888432160	2,4671214235294059	1,0017500522913946e-02	777	79,9515 s
5	0,4126967480250521	-1,7515203150561580	2,0965913738457687e-07	993	80,1154 s
Rata-rata			2,004917792732085858654e-03	667	56,6795 s

Lampiran C. Skrip program

C.1 Skrip utama algoritma FSS

```

%Inisialisasi
for i=1:N
    Fish(i,:)=rand(1,num_var)*2-1;
    if num_var==2
        Fit(i)=abs(f1(Fish(i,1),Fish(i,2)))+...
            abs(f2(Fish(i,1),Fish(i,2)));
    elseif num_var==3
        Fit(i)=abs(f1(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3)))+...
            abs(f2(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3)))+...
            abs(f3(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3)));
    else
        Fit(i)=abs(f1(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3),Fish(i,4)))+...
            abs(f2(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3),Fish(i,4)))+...
            abs(f3(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3),Fish(i,4)))+...
            abs(f4(Fish(i,1),Fish(i,2),Fish(i,3),Fish(i,4)));
    end
    Fitness(i)=1/(Fit(i)+1);
end

%best Fish
best=find(Fit==min(Fit));
bFish=Fish(best(1),:);
bFit=min(Fit);

best_fit(1)=bFit; it=0;
for t=1:max_iter
    %Individual Movement
    if num_var==2
        [Fish, Fit, Fitness, Delta_f, Delta_x]=IndividualMovement2(
            Fish, bFish, stepind, Fit, Fitness, f1, f2);
    elseif num_var==3
        [Fish, Fit, Fitness, Delta_f, Delta_x]=IndividualMovement3(
            Fish, bFish, stepind, Fit, Fitness, f1, f2, f3);
    else
        [Fish, Fit, Fitness, Delta_f, Delta_x]=IndividualMovement4(
            Fish, bFish, stepind, Fit, Fitness, f1, f2, f3, f4);
    end

    %Feeding
    Wit=Feeding(Wit,Delta_f);

    %Colletive Instinctive Movement
    if num_var==2
        [Fish, Fit, Fitness]=InstinctiveMovement2(Fish, Fit, Fitness,
            Delta_f, Delta_x, f1, f2);
    elseif num_var==3
        [Fish, Fit, Fitness]=InstinctiveMovement3(Fish, Fit, Fitness,
            Delta_f, Delta_x, f1, f2, f3);
    else
        [Fish, Fit, Fitness]=InstinctiveMovement4(Fish, Fit, Fitness,
            Delta_f, Delta_x, f1, f2, f3, f4);
    end
end

```

```

end

%Collective Volitive Movement
if num_var==2
    [Fish, Fit, Fitness, totW]=VolitiveMovement2(Fish, Wit, Fit,
        Fitness, stepind, totW, f1, f2);
elseif num_var==3
    [Fish, Fit, Fitness, totW]=VolitiveMovement3(Fish, Wit, Fit,
        Fitness, stepind, totW, f1, f2, f3);
else
    [Fish, Fit, Fitness, totW]=VolitiveMovement4(Fish, Wit, Fit,
        Fitness, stepind, totW, f1, f2, f3, f4);
end

%Best Fish
if min(Fit)<bFit
    best=find(Fit==min(Fit));
    bFish=Fish(best(1),:);
    bFit=min(Fit);
end

%Next Iter
stepind=stepind-(stepind_int-stepind_fin)/max_iter;
if bFit==0
    break;
end
end
end

```

C.2 Skrip *individual movement*

```

function [Fish, Fit, Fitness, Delta_f, Delta_x]
    =IndividualMovement2(Fish, bFish, stepind, Fit, Fitness,
        f1, f2)
[N, num_var]=size(Fish);
for i=1:N
    nit(i,:)=Fish(i, :)+(rand(1,num_var)*2-1)*stepind;
    Fit_n(i)=abs(f1(nit(i,1),nit(i,2)))+...
        abs(f2(nit(i,1),nit(i,2)));
    Fitness_n(i)=1/(Fit_n(i)+1);
    Delta_f(i)=Fitness_n(i)-Fitness(i);
    if Delta_f(i)>0
        Delta_x(i,:)=nit(i,:)-Fish(i,:);
        Fish(i,:)=nit(i,:);
        Fit(i)=Fit_n(i);
        Fitness(i)=Fitness_n(i);
    else
        Delta_x(i,:)=zeros(1,num_var);
    end
end
end

```

C.3 Skrip *feeding*

```
function Wit=Feeding(Wit,Delta_f)
if max(Delta_f)~=0
    Wit=Wit+Delta_f/max(abs(Delta_f));
end
```

C.4 Skrip *collective instinctive movement*

```
function [Fish, Fit, Fitness]=InstinctiveMovement2(Fish, Fit,
    Fitness, Delta_f, Delta_x, f1, f2)
[N, num_var]=size(Fish);
It=zeros(1,num_var);
if sum(Delta_f)~=0
    It=sum(Delta_x.*repmat(Delta_f',1,num_var))/sum(Delta_f);
end
Fishn=Fish+repmat(It,N,1);
for i=1:N
    Fitn(i)=abs(f1(Fishn(i,1),Fishn(i,2)))+...
        abs(f2(Fishn(i,1),Fishn(i,2)));
    Fitnessn(i)=1/(Fitn(i)+1);
    if Fitnessn(i)>Fitness(i)
        Fish(i,:)=Fishn(i,:);
        Fit(i)=Fitn(i);
        Fitness(i)=Fitnessn(i);
    end
end
```

C.5 Skrip *collective volitive movement*

```
function [Fish, Fit, Fitness, totWb]=VolitiveMovement2(Fish, Wit,
    Fit, Fitness, stepind, totW, f1, f2)
[N, num_var]=size(Fish);
Bt=sum(Fish.*repmat(Wit',1,num_var))/sum(Wit);
totWb=sum(Wit);
dtotW=totWb-totW;
for i=1:N
    if dtotW>0
        Fishn(i,:)=Fish(i,:)-2*stepind*rand(1,num_var).*((Fish(i,:)-
            Bt)/sqrt(sum((Fish(i,:)-Bt).^2)));
    else
        Fishn(i,:)=Fish(i,:)+2*stepind*rand(1,num_var).*((Fish(i,:)-
            Bt)/sqrt(sum((Fish(i,:)-Bt).^2)));
    end
    Fitn(i)=abs(f1(Fishn(i,1),Fishn(i,2)))+...
        abs(f2(Fishn(i,1),Fishn(i,2)));
    Fitnessn(i)=1/(Fitn(i)+1);
    if Fitnessn(i)>Fitness(i)
        Fish(i,:)=Fishn(i,:);
        Fit(i)=Fitn(i);
        Fitness(i)=Fitnessn(i);
    end
end
```

C.6 Skrip utama metode *Newton-Raphson*

```

clear all; clc;

%-----
%
%                               Newton Raphson 2 Variabel
%-----

var1=input('Masukkan variabel 1 : ','s');
var2=input('Masukkan variabel 2 : ','s');
f=str2func(['@( ' var1 ',' var2 ' )' input('Masukkan persamaan 1 :
','s')]);
g=str2func(['@( ' var1 ',' var2 ' )' input('Masukkan persamaan 2 :
','s')]);

disp(' ');
In1=input('Masukkan nilai awal var 1 : ');
In2=input('Masukkan nilai awal var 2 : ');
Maxiter=input('Masukkan maksimal iterasi : ');

tic;
fx=str2func(['@( ' var1 ',' var2 ' )' char(diff(f,sym(var1)))]);
fy=str2func(['@( ' var1 ',' var2 ' )' char(diff(f,sym(var2)))]);
gx=str2func(['@( ' var1 ',' var2 ' )' char(diff(g,sym(var1)))]);
gy=str2func(['@( ' var1 ',' var2 ' )' char(diff(g,sym(var2)))]);

Xn=[In1;In2];
for t=1:Maxiter
    fit=abs(f(Xn(1),Xn(2)))+abs(g(Xn(1),Xn(2)));
    fprintf('%5d %20.16f %20.16f %26.16e \n',...
           t,Xn(1),Xn(2),fit);
    if fit~=0
        Jac=[fx(Xn(1),Xn(2)) fy(Xn(1),Xn(2));gx(Xn(1),Xn(2))
             gy(Xn(1),Xn(2))];
        Xn=Xn-Jac\[f(Xn(1),Xn(2));g(Xn(1),Xn(2))];
    else
        break;
    end
end

disp(' ');
disp(['Waktu komputasi : ' num2str(toc)]);

```